

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет транспорта»  
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



КУЗЬМИН ВЛАДИСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
ЛОКОМОТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

2.9.4. Управление процессами перевозок

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
кандидат технических наук, доцент  
Табунщиков Александр Константинович

МОСКВА – 2023

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. Проблема повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности для снижения числа нарушений и сбоев в их работе.....	15
1.1 Локомотивные устройства безопасности и статистика нарушений и сбоев в их работе.....	15
1.2 Направления работ по снижению числа сбоев и нарушений.....	28
1.3 Анализ состояния проблемы повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности.....	31
1.4 Методы и технические средства для снижения числа сбоев и нарушений в работе локомотивных устройств безопасности.....	36
1.5 Тенденции развития методов и технических средств, применяемых при обслуживании локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах.....	42
1.6 Тенденции развития программных средств, используемых при обслуживании локомотивных устройств безопасности и для анализа условий их эксплуатации.....	50
1.7 Положения инновационной технологии организации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах.....	60
1.8 Выводы по главе.....	63
Глава 2. Математические модели канала индуктивной связи контрольного пункта.....	66
2.1 Постановка задачи.....	66
2.2 Математическая модель индуктивной связи «испытательный шлейф – приемная катушка».....	68
2.3 Математическая модель для описания влияния токов в рельсовых нитях смежных путей на работу локомотивного приемника.....	80

2.4 Математическая модель индуктивной связи шлейфа и рельсовых нитей в границах испытательного участка.....	87
2.5 Особенности алгоритма обработки кодовых комбинаций числового кода локомотивным дешифратором.....	96
2.6 Выводы по главе.....	101
Глава 3. Моделирование канала индуктивной связи при определении технического состояния локомотивных устройств безопасности.....	103
3.1 Постановка задачи.....	103
3.2 Анализ зависимости коэффициента эффективности испытательного шлейфа от его геометрических параметров и расположения вдоль него приемных катушек.....	104
3.3 Моделирование электромагнитной обстановки контрольных пунктов депо для электрифицированных участков железных дорог.....	111
3.4 Моделирование токов рельсовых нитей в границах испытательного участка под приемными катушками локомотивных устройств безопасности.....	114
3.5 Выводы по главе.....	117
Глава 4. Экспериментальное исследование электромагнитной обстановки контрольных пунктов.....	119
4.1 Постановка задачи.....	119
4.2 Исследование особенностей индуктивной связи между испытательным шлейфом и приемными катушками.....	119
4.3 Исследование электромагнитной обстановки на эксплуатируемом контрольном пункте.....	123
4.4 Исследование влияния параметров кодовых комбинаций на работу локомотивных устройств безопасности.....	130
4.5 Выводы по главе.....	138
Глава 5. Разработка методов и технических решений для повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах.....	140
5.1 Разработка системы тестовых воздействий для определения характеристик	

локомотивных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора.....	140
5.2 Разработка методики выбора конструкции и условий эксплуатации переносных испытательных шлейфов без скрещиваний.....	146
5.3 Разработка технических решений для определения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности.....	148
5.4 Разработка технических требований к системе мониторинга выполнения процессов обслуживания основных устройств безопасности.....	168
5.5 Расчет экономической эффективности предложенных технических и технологических решений.....	172
5.6 Выводы по главе.....	187
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	189
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	191
СПИСОК ТЕРМИНОВ.....	194
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	196
ПРИЛОЖЕНИЕ. Акты внедрения результатов диссертационного исследования.....	233

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** На локомотивные устройства обеспечения безопасности движения поездов (в нормативно-технической документации Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» также используется термин «основные устройства безопасности») возложено решение ответственной задачи по контролю за выполнением условий по безопасности при движении железнодорожного подвижного состава на основании принимаемых от путевых устройств сигналов автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). При невыполнении хотя бы одного из условий по безопасности: превышения допустимой скорости движения или отсутствия в установленных случаях подтверждения бдительности со стороны машиниста – основные устройства безопасности применяют экстренное (автостопное) торможение и осуществляют перевод ответственного технологического процесса движения поездов в неопасное нештатное состояние.

Мониторинг работы локомотивных устройств безопасности показывает, что в их работе, связанной с приемом и обработкой сигналов АЛС, наблюдается значительное число нарушений и сбоев. Ряд нарушений в работе основных устройств безопасности влечет за собой необоснованное применение экстренного торможения и приводит к снижению эксплуатационной эффективности систем регулирования и управления движением поездов на участках железных дорог. Сбои приводят к кратковременному получению локомотивными устройствами безопасности и локомотивными бригадами недостоверной информации о допустимой скорости движения и / или количестве впереди свободных блок-участков.

Классический подход к решению проблемы снижения числа сбоев и нарушений в работе основных устройств безопасности подразумевает анализ влияния электромагнитной обстановки на работу локомотивного оборудования, а также внедрение современной микропроцессорной аппаратуры, алгоритм работы которых, как принято считать, имеет более высокую помехоустойчивость по

сравнению с релейным оборудованием. Однако при этом на протяжении длительного промежутка времени сохраняется высокая доля нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности, расследование которых не позволило установить причину их возникновения. При этом не менее сорока процентов от общего числа сбоев в работе АЛС и значительная часть автостопных торможений приходится на современные микропроцессорные локомотивные устройства безопасности. Следовательно указанные меры не позволяют достичь желаемых результатов по снижению числа сбоев.

Учитывая вышеизложенное, а также наметившиеся тенденции к вождению поездов в одно лицо [1, 2], применению технологий беспилотного движения поездов [3-8], возрастающему объему перевозок [9, 10], а также увеличению фактических весов поездов и весовых норм [11-13] требуются новые эффективные подходы к решению снижения числа сбоев и нарушений в работе основных устройств безопасности.

Из опыта эксплуатации известно, что причиной сбоев и нарушений в работе локомотивных устройств безопасности является не только наличие помехи в канале индуктивной связи «путь – локомотив», но и отклонение собственных параметров бортовых устройств. Отклонение параметров локомотивных устройств безопасности от номинальных значений закономерно приводит к снижению достоверности работы последних и, как следствие, к возникновению явления, именуемого в литературе как «сбойные» локомотивы. «Сбойными» называют такие единицы тягового подвижного состава, число сбоев и нарушений в работе которых существенно (на порядок) больше средних значений для данной серии и условий эксплуатации.

Следует отметить, что существующие методы и технические средства, используемые при обслуживании основных устройств безопасности, не позволяют получить полную и достоверную информацию об их текущем техническом состоянии. С учетом этого в работе рассмотрено новое направление в решении задачи снижения числа нарушений и сбоев: повышение качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности для

повышения надежности их функционирования и исключения допуска к эксплуатации тягового подвижного состава, оборудование которого имеет отклонения параметров от нормы. Наличие потребности повышения качества технического обслуживания основных устройств безопасности среди прочего подтверждается положениями Концепции развития локомотивных устройств безопасности [14], где в числе приоритетных направлений развития для достижения целевого состояния названы развитие системы предиктивной диагностики локомотивных устройств безопасности, наблюдение предотказных состояний, разработка теории сигналов АЛСН, совершенствование алгоритма дешифрации с последующей его проверкой на эффективность и помехоустойчивость. Возникшая потребность должна удовлетворяться разработкой и обоснованием методик и моделей, обеспечивающих получение достоверной информации о текущем техническом состоянии локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов с учетом особенностей электромагнитной обстановки, характерной для условий их эксплуатации.

**Степень разработанности темы исследования.** Следует отметить, что для современного уровня науки и техники характерным является низкая публикационная активность по теме повышения качества обслуживания локомотивных устройств безопасности. В основном научные исследования и прикладные работы посвящены отдельным вопросам повышения качества ремонта основных устройств безопасности или вопросам повышения эффективности применяемого технологического оборудования [15, 16]. В ряде работ, например в [17], предпринимались попытки решения частных задач, связанных с повышением качества обслуживания локомотивных устройств безопасности. Однако в них отсутствуют практически применимые методики и критерии оценки условий проведения испытаний локомотивных устройств безопасности. Детальному анализу не подвергались:

- граничные условия, при которых локомотивные устройства безопасности обеспечивают стабильный прием и правильную обработку информации от путевого оборудования,

- требования к испытательному оборудованию для оценки технико-эксплуатационных характеристик бортового оборудования,
- условия организации и проведения проверок, направленных на выявление отклонений параметров работы основных устройств безопасности,
- применяемые для осуществления проверок тестовые воздействия.

В области анализа помехоустойчивости работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики при воздействии различных электромагнитных помех известны работы таких ученых как Ю.А. Кравцов, В.И. Шаманов, П.Ф. Бестемьянов, В. А. Ильин, М.П. Бадер, А.А. Антонов, В.С. Аркатов, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников. Несмотря на значительное число работ, посвященных вопросам анализа условий функционирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, в частности локомотивных устройств безопасности, и их электромагнитной совместимости с различными источниками помех, практически не рассматривался вопрос определения в процессе технического обслуживания их технико-эксплуатационных характеристик, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора. Отсутствуют работы, связанные с оценкой влияния различных факторов на результаты измерений характеристик основных устройств безопасности, получаемые в условиях электромагнитной обстановки испытательных участков контрольных пунктов (КП).

В области разработки и исследования основных устройств безопасности известны работы таких ученых как Е.Н. Розенберг, Е.Г. Щербина, А.А. Сахнин, А. В. Вековищев. При этом в работах данных авторов отсутствуют сведения о технических и технологических решениях, направленных на повышение качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности и о системе тестовых воздействий для оценки их характеристик, определяющих порядок изменения сигнального показания локомотивного светофора.

В части описания индуктивной связи путевых устройств с локомотивными устройствами безопасности существенный вклад внесли В.М. Лисенков и В.Б. Леушин. При этом отсутствуют работы, связанные с оценкой влияния

различных факторов на результаты измерений характеристик локомотивных устройств безопасности, получаемые в условиях электромагнитной обстановки испытательных участков КП АЛСН.

**Объект исследования** – процесс технического обслуживания локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов.

**Предмет исследования** – повышение надежности локомотивных устройств безопасности, точности и достоверности измерений их технико-эксплуатационных характеристик.

**Цель и задачи.** Цель работы – разработка новых научно обоснованных технических и технологических решений по повышению надежности функционирования и качества технического обслуживания локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов.

Для достижения данной цели в работе были поставлены следующие теоретические и практические задачи:

- обобщение результатов научных исследований, технических и технологических решений по повышению качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности;

- разработка моделей, описывающих влияние параметров испытательного оборудования и электромагнитной обстановки при осуществлении технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на достоверность результатов измерения их технико-эксплуатационных характеристик;

- разработка методики определения в процессе технического обслуживания локомотивных устройств безопасности их технико-эксплуатационных характеристик, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации;

- разработка технологии реализации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности, перспективных технических и технологических решений, направленных на повышения надежности функционирования и качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в следующем:

- систематизированы и проанализированы тенденции развития испытательного оборудования, предназначенного для организации технического обслуживания основных локомотивных устройств безопасности;

- предложена и обоснована модель определения степени влияния параметров испытательного оборудования на достоверность результатов измерения технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности, учитывающая, в отличие от известных моделей, характеристики проводного шлейфа и положение приемных катушек испытуемой единицы тягового подвижного состава;

- разработана и обоснована модель определения степени влияния электромагнитной обстановки на достоверность результатов измерения технико-эксплуатационных характеристик основных локомотивных устройств безопасности, отличающаяся учетом влияния токов в рельсовых нитях смежных путей и токов в рельсовых нитях под приемными катушками испытуемого локомотива, наведенных за счет индуктивной связи «испытательный шлейф – рельсовая линия»;

- предложены и обоснованы новые технические и технологические решения, направленные на повышение достоверности контроля локомотивного дешифратора, отличающиеся тем, что при проведении технического обслуживания локомотивных устройств безопасности, настройке и регулировке локомотивного оборудования учитывается действие помех, приводящих к искажению кодовых комбинаций числового кода на его входе;

- разработана и апробирована технология реализации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности, отличающаяся тем, что она повышает надежность работы этих устройств за счет учета влияния условий проведения их испытаний, а также направлена на повышение уровня автоматизации процесса обслуживания оборудования в условиях контрольных пунктов.

**Теоретическая значимость исследования:**

- разработана методика определения в условиях контрольных пунктов технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности, оказывающих влияние на изменение сигнального показания локомотивного светофора в условиях искажения кодовых комбинаций;

- разработаны и обоснованы модели оценки влияния параметров испытательного оборудования и электромагнитной обстановки на достоверность и точность результатов определения технико-эксплуатационных характеристик основных локомотивных устройств безопасности;

- сформулированы положения технологии технического обслуживания локомотивных устройств безопасности, обеспечивающей повышение надежности локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов за счет снижения числа сбоев в процессе эксплуатации; предложены и обоснованы соответствующие технические решения.

**Практическая значимость** результатов, полученных в ходе работы над диссертационным исследованием:

- разработанные технические и технологические решения были использованы в нормативных документах ОАО «РЖД»: Инструкции по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 22.07.2022 г. № 1891/р; Общих технических требованиях на устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ; Технических требованиях на Подсистему автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ. КОНТУР»), утвержденных Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Дирекции тяги О.С. Валинским 30.03.2022 № 534;

- предложенные технические решения позволяют повысить достоверность результатов процесса технического обслуживания локомотивных устройств

безопасности в условиях контрольных пунктов. Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений – 6,450 млн руб. ежегодно за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов;

- предложенные технические решения позволяют исключить допуск к эксплуатации тягового подвижного состава, локомотивные устройства безопасности которого находятся в неработоспособном или предотказном состоянии, а также существенно повысить объективность результатов расследований причин сбоев и нарушений в их работе. Расчетное сокращение эксплуатационных расходов за счет автоматизации определения причин нарушений и сбоев в работе основных локомотивных устройств безопасности составит 4,240 млн руб. в год.

**Методология и методы исследования.** При систематизации и обобщении материалов исследований использована методология патентных исследований и метод системного анализа. При решении задач оценки влияния параметров испытательных шлейфов и размещения вдоль них приемных катушек испытуемых локомотивов применена теория электромагнитного поля (методы расчета электрических и магнитных полей). При разработке метода расчета токов в рельсовых нитях под приемными катушками в границах испытательных участков при расчете взаимной индуктивности между компланарными контурами использован метод, основанный на особенностях взаимной индуктивности между проводниками (метод участков).

**Положения, выносимые на защиту:**

- методика определения в процессе технического обслуживания локомотивных устройств безопасности их технико-эксплуатационных характеристик, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации;

- методика расчета токов в рельсовых нитях под приемными катушками в границах испытательных участков, оборудованных проводными шлейфами;

- модели, описывающие влияние параметров испытательного оборудования и электромагнитной обстановки при осуществлении технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на достоверность результатов измерения их технико-эксплуатационных характеристик;

- комплекс технических и технологических решений, основывающийся на разработанных моделях, методиках и технологических алгоритмах, обеспечивающий реализацию предложенной технологии технического обслуживания, направленной на повышения надежности функционирования и качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности.

**Степень достоверности и апробация результатов** подтверждается результатами испытаний разработанных технических решений в условиях контрольных пунктов АЛСН на сети железных дорог ОАО «РЖД», их соответствием результатам, полученным в ходе теоретических исследований и моделирования, обоснованностью принятых допущений и корректностью использования математического аппарата. Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов.

Полученные автором результаты докладывались и обсуждались на следующих научных семинарах и конференциях: «Проблемы безопасности на транспорте», Гомель, Беларусь, 2019 и 2020 г.; IV Всероссийская научно-практическая конференция «Наука – Образование – Производство», Чита, РФ, 2020 г.; IV всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте», Омск, РФ, 2020 г.; 2-я Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровая трансформация промышленности: тенденции и перспективы», Москва, РФ, 2021 г.; заседания кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта, 2020 – 2023 гг.

Результаты диссертации внедрены:

- При разработке АО «НИИАС» нормативно-технической документации ОАО «РЖД» – Инструкции по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 22.07.2022 г. № 1891/р.

- При разработке АО «НИИАС» Общих технических требований на устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ, используемых Дирекцией по ремонту тягового подвижного состава – филиалом ОАО «РЖД» в рамках реализации Инвестиционной программы обновления и дооснащения необходимым диагностическим, контрольно-измерительным и проверочным оборудованием и заводами-изготовителями данного оборудования.

- При разработке АО «НИИАС» блока автоматизированного выявления причин низкой помехоустойчивости релейной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа с использованием стенда ПК КОД.

- При разработке НАО «ИНФОКОМ» в составе Автоматизированной системы управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) подсистемы автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций, предназначенной для эксплуатации Дирекцией по ремонту тягового подвижного состава – филиалом ОАО «РЖД», ее предприятиями подчинения и их структурными подразделениями (Технические требования утверждены Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Дирекции тяги О.С. Валинским 30.03.2022 № 534).

- При разработке ООО «Инжиниринг АТ» стендового оборудования: комплекса контрольной проверки релейной аппаратуры АЛСН КП-АЛСН и прибора Экран-М (ТУ ИАТ.5305.00.01).

Акты внедрения приведены в приложении к диссертационной работе.

# **Глава 1. Проблема повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности для снижения числа нарушений и сбоев в их работе**

## **1.1 Локомотивные устройства безопасности и статистика нарушений и сбоев в их работе**

Локомотивные устройства безопасности являются неотъемлемой частью систем регулирования и управления движением поездов, в состав которых входят системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). На них возложено решение задачи по контролю за выполнением условий по безопасности при движении железнодорожного подвижного состава и применению экстренного торможения в случаях, когда хотя бы одно из таких условий не выполняется. К контролируемым условиям по безопасности относятся не превышение допустимой скорости движения по участку и наличие подтверждения бдительности со стороны машиниста.

Для решения поставленной задачи основные устройства безопасности осуществляют информационное взаимодействие с путевой инфраструктурой систем регулирования и управления движением поездов. Такое взаимодействие заключается в получение информации о допустимой скорости движения. В зависимости от значности используемой системы сигнализации такая информация может быть выражена в форме сигнального показания ближайшего по ходу движения поездного светофора, числа свободных блок-участков или непосредственно численного значения допустимой скорости [18]. Искажение информации о допустимой скорости движения или неверная ее интерпретация самими основными устройствами безопасности может приводить согласно положениям теории безопасности движения поездов [19] к переходу технологического процесса движения поездов в нештатное состояние: неопасное, характеризующееся снижением эффективности систем регулирования и управления движением поездов (проблема снижения эффективности систем

регулирования движения поездов при движении на более запрещающее показание достаточно подробно рассмотрена в [20, 21]), или опасное в форме столкновения железнодорожного подвижного состава или его схода.

К основным устройствам безопасности согласно раздела III [22] относятся:

- локомотивные устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН [23], в том числе оборудованные дешифратором кодовых сигналов включающим микропроцессорным типа ДКСВ-М [24];

- комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ и его модификации (унифицированное – КЛУБ-У, для специального самоходного подвижного состава (ССПС) – КЛУБ-П, унифицированное для ССПС – КЛУБ-УП) [25, 26];

- безопасный локомотивный объединенный комплекс БЛОК и его модификации (масштабируемый БЛОК-М, для ССПС на комбинированном ходу БЛОК-КХ) [27];

- система обеспечения безопасности движения специального самоходного подвижного состава и автомотрис легкого типа СБ ССПС КХ [28].

Оснащенность локомотивного парка основными устройствами безопасности в период с 2018 до 2021 гг. по данным Автоматизированной системы «Электронный паспорт» показана на рисунке 1.1. Данные за год приведены по состоянию на 1 января года, следующего за отчетным.

Из гистограммы на рисунке 1.1 следует, что за рассматриваемый период в эксплуатации находятся преимущественно современные микропроцессорные устройства, включая ДКСВ-М. При эксплуатации основных устройств безопасности возникают различные сбои и нарушения их работе. Следует выделить следующие виды нарушений и сбоев:

- 1) автостопные торможения;
- 2) кратковременные изменения показания локомотивного светофора – т. н. сбои кодов АЛС;
- 3) нарушения или отсутствия периодической проверки бдительности (изменение алгоритма / периода запроса подтверждения бдительности

машиниста).

Первая группа нарушений приводит непосредственно к нарушению графика движения поездов и опосредованно может приводить к переходу процесса движения поездов в опасное состояние. Также автостопные торможения могут быть причиной появления ползунов [29], что также увеличивает эксплуатационные расходы на содержание колесных пар железнодорожного подвижного состава. Основными причинами автостопных торможений следует считать действие аддитивных помех в канале связи «путь – локомотив» [29, 30]. Кроме того, такие сбои могут возникать и при низкой помехоустойчивости работы устройств безопасности виду отклонения собственных параметров, приводящего к невозможности нормального приема и декодирования сигналов АЛС [31].

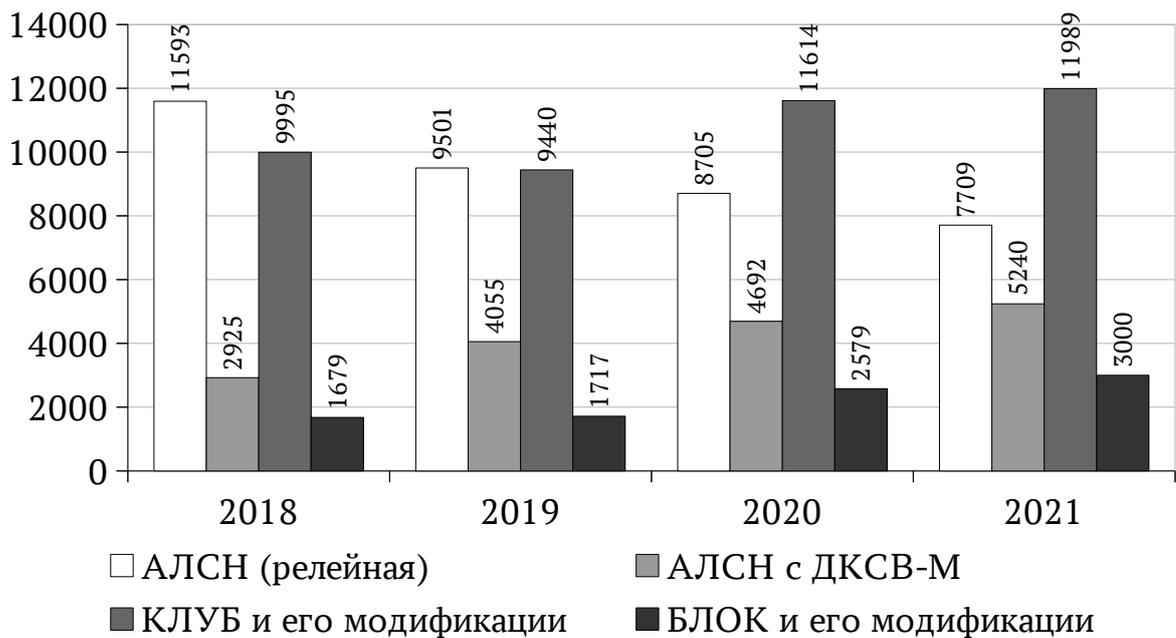


Рисунок 1.1 – Оснащенность локомотивного парка основными устройствами безопасности

Вторая группа сбоев приводит к кратковременному отсутствию возможности получения достоверности информации о поездной ситуации, получаемой с использованием АЛС. Причины возникновения таких сбоев в работу устройств АЛС могут быть связаны как с особенностями путевой

инфраструктуры, например, коротким изолированным участкам в горловинах станций, так и воздействием различных электромагнитных помех [32, 33].

Третья группа нарушений связана исключительно с алгоритмом работы локомотивных устройств безопасности. Отсутствие периодической проверки бдительности или ее нарушение может приводить к переходу процесса движения поездов в опасное состояние.

Результаты анализа статистических сведений о нарушениях и сбоях в работе основных устройств безопасности позволяют дать оценку значимости рассматриваемой проблемы. Такие данные позволяют рассмотреть практику расследования причин нарушений и характер информационной связи между процессами эксплуатации основных устройств безопасности и их технического обслуживания.

В ОАО «РЖД» создана общесетевая система учета, расследования и анализа нарушений и сбоев в работе устройств безопасности с использованием автоматизированной системы учета, анализа и расследования нарушений безопасности движения по результатам расшифровки скоростемерных лент АСУТ НБД, комплексной автоматизированной системы управления хозяйством централизации, сигнализации и блокировки второго поколения АСУ-Ш-2 и комплексной автоматизированной системы учета, контроля, устранения отказов технических средств и анализа их надежности КАС АНТ [34, 35]. Для учета и расследования сбоев и нарушений используются классификаторы АСУТ НБД и КАС АНТ [36-38]. С учетом данных, получаемых из АСУТ НБД, АСУ-Ш-2 и КАС АНТ, Проектно-конструкторским бюро локомотивного хозяйства – филиалом ОАО «РЖД» ежемесячно формируются мониторинги работы локомотивных устройств безопасности на железных дорогах ОАО «РЖД». Эти отчеты использованы в качестве исходных данных для анализа.

Рассмотрены основные статистические сведения по сбоям в работе устройств АЛС на основе годовых отчетов в период с 2018 по 2021 гг. [39-42]. Данные за 2017 г. приняты по материалам отчета за 2018 г. Гистограммы распределения числа автостопных торможений, сбоев кодов АЛС, допущенных

при эксплуатации локомотивного парка, нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности в абсолютных значениях показаны на рисунках 1.2 – 1.4 соответственно. Гистограмма распределения удельного числа автостопных торможений, сбоев кодов АЛС, допущенных при эксплуатации локомотивного парка, нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности на один млн км пробега локомотива приведены на рисунке 1.5.



Рисунок 1.2 – Распределение числа автостопных торможений в период с 2017 по 2021 гг.

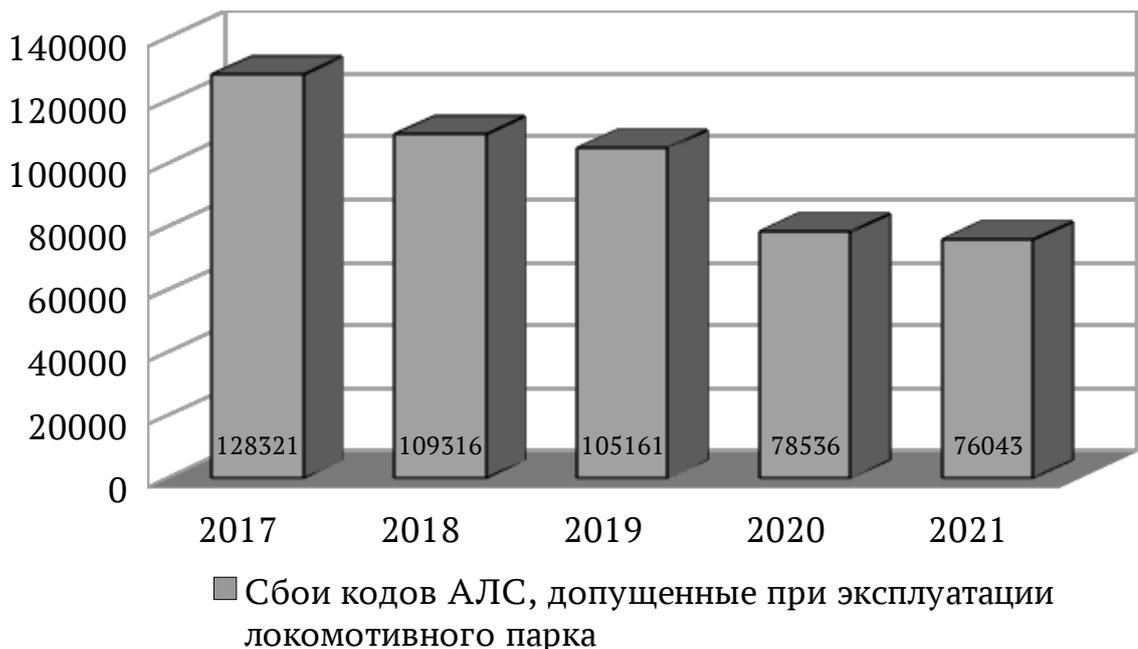


Рисунок 1.3 – Распределение числа сбоев кодов АЛС, допущенных при эксплуатации локомотивного парка в период с 2017 по 2021 гг.



Рисунок 1.4 – Распределение числа нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности в период с 2017 по 2021 гг.

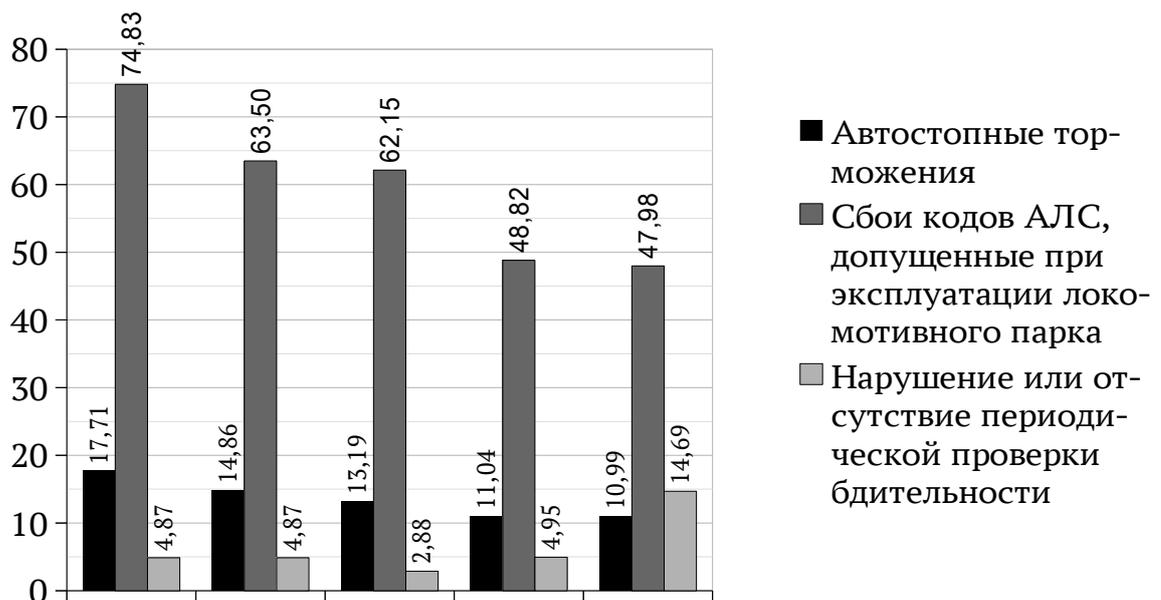


Рисунок 1.5 – Распределение удельного числа автостопных торможений, сбоев кодов АЛС и нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности на один млн км пробега локомотива в период с 2017 по 2021 гг.

Согласно гистограммам на рисунках 1.2 – 1.5 наблюдается постепенное снижение числа автостопных торможений и сбоев кодов АЛС. При этом наблюдается рост числа нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности. Для распределения числа сбоев по виновным хозяйствам (рисунки

1.6 – 1.8) характерной является значительная доля случаев сбоев и нарушений, не отнесенная к какому-либо хозяйству.

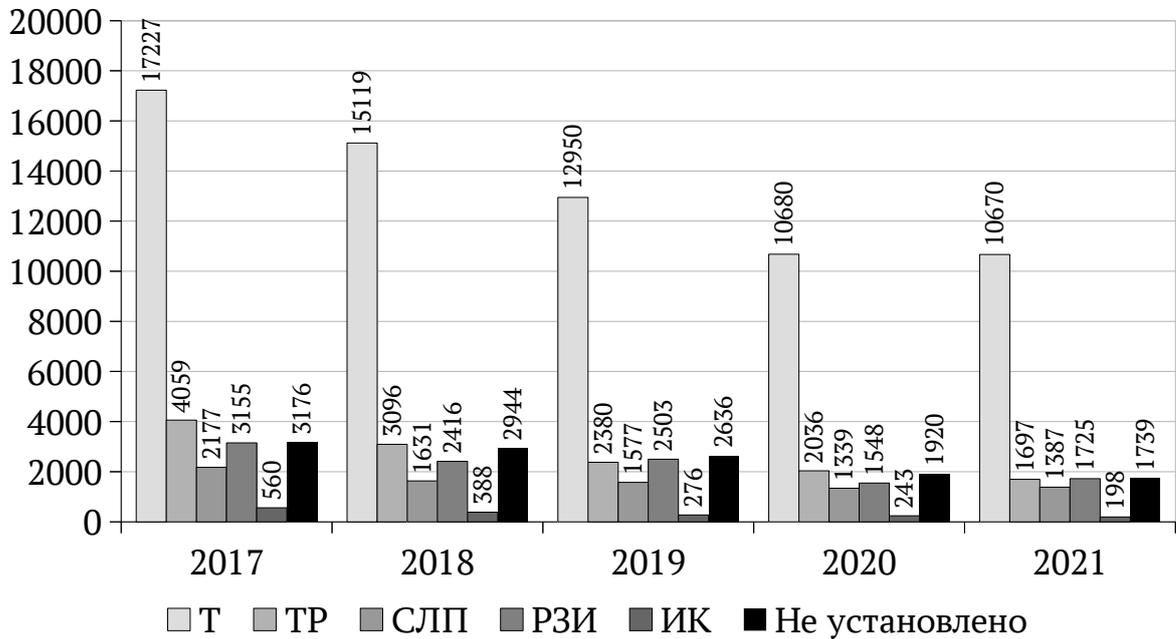


Рисунок 1.6 – Распределение числа автостопных торможений в период с 2017 по 2021 гг. по виновным хозяйствам

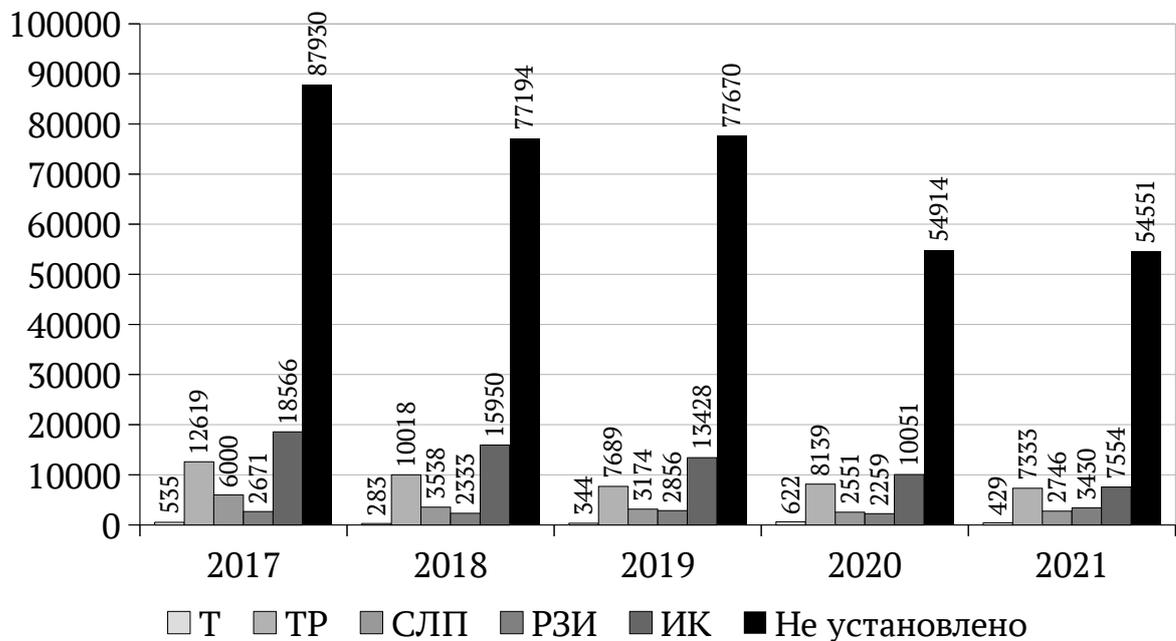


Рисунок 1.7 – Распределение числа сбоев кодов АЛС, допущенных при эксплуатации локомотивного парка, в период с 2017 по 2021 гг.

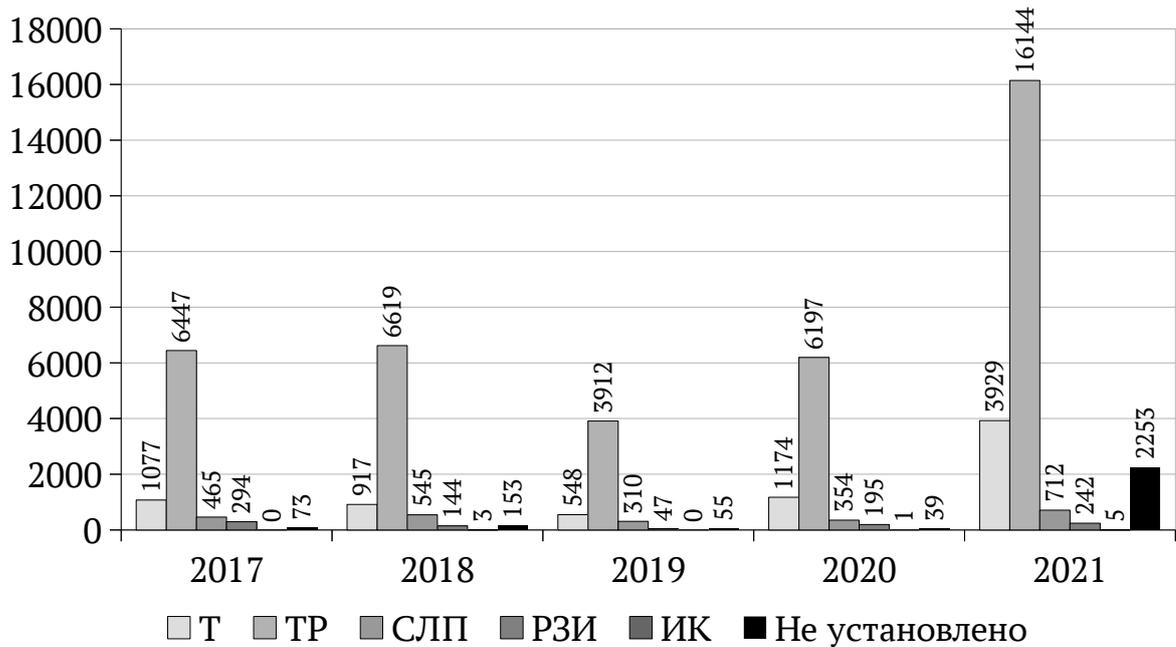


Рисунок 1.8 – Распределение числа нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности в период с 2017 по 2021 гг.

На гистограммах рисунков 1.6 – 1.8 приняты следующие сокращения: Т – Дирекция тяги – филиал ОАО «РЖД», ТР – Дирекция по ремонту тягового подвижного состава – филиал ОАО «РЖД», СЛП – сервисные локомотивные предприятия; РЗИ – разработчик или завод-изготовитель; ИК – инфраструктурный комплекс.

Примечательно следующее: доля сбоев и нарушений, приходящихся на то или иное хозяйство, в течение рассматриваемого периода остается практически неизменной; виновное хозяйство не установлено для порядка 10 % от общего числа случаев автостопных торможений; виновное хозяйство не установлено для порядка 70 % от общего числа сбоев АЛС; для нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности вплоть до 2020 года виновное хозяйство не установлено для менее чем двух процентов от общего числа случаев.

Статистические данные, приводимые в [39-42], указывают, что среди технических причин, установленных при расследовании автостопных торможений, значительная их часть приходится на аппаратные отказы или программные сбои современных устройств безопасности (рисунок 1.9).

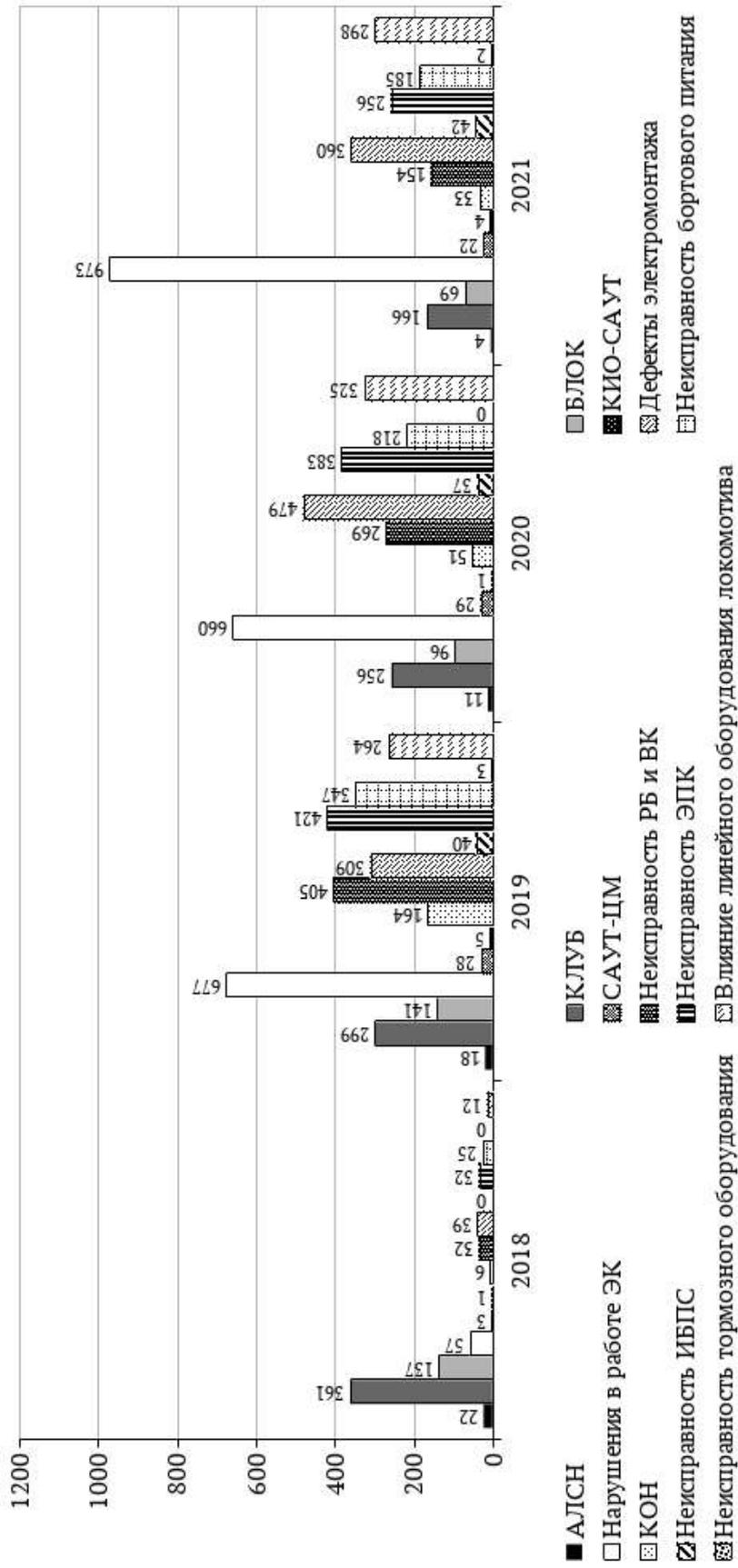


Рисунок 1.9 – Распределение причин автостопных торможений, связанных с техническим состоянием локомотивного оборудования

Существенной является проблема некачественного расследования случаев автостопных торможений. Хотя доля некачественно расследованных случаев автостопных торможений ежегодно снижается, она все еще превышает 40 % (рисунок 1.10). Доля некачественно расследованных нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности растет.

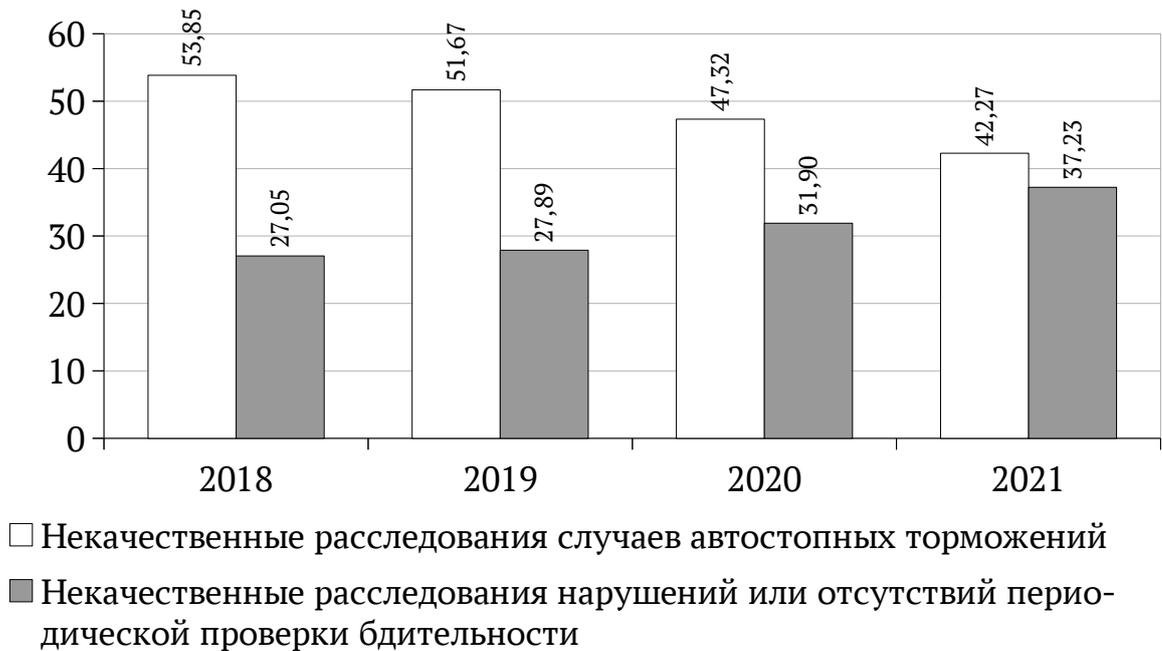


Рисунок 1.10 – Распределение доли некачественного расследования случаев автостопных торможений и нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности, в процентах

Основной причиной некачественного расследования случаев автостопных торможений согласно [39-42] является неустановление причины, неполучение причины из АСУ-Ш2 или автоматическое расследование из-за нарушения срока (рисунок 1.11). Аналогичны причины некачественного расследования случаев нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности (рисунок 1.12). Сокращение доли автоматического расследования из-за нарушения срока соответствует увеличению доли нерасследованных нарушений.



Рисунок 1.11 – Распределение причин некачественного расследования автостопных торможений, в процентах

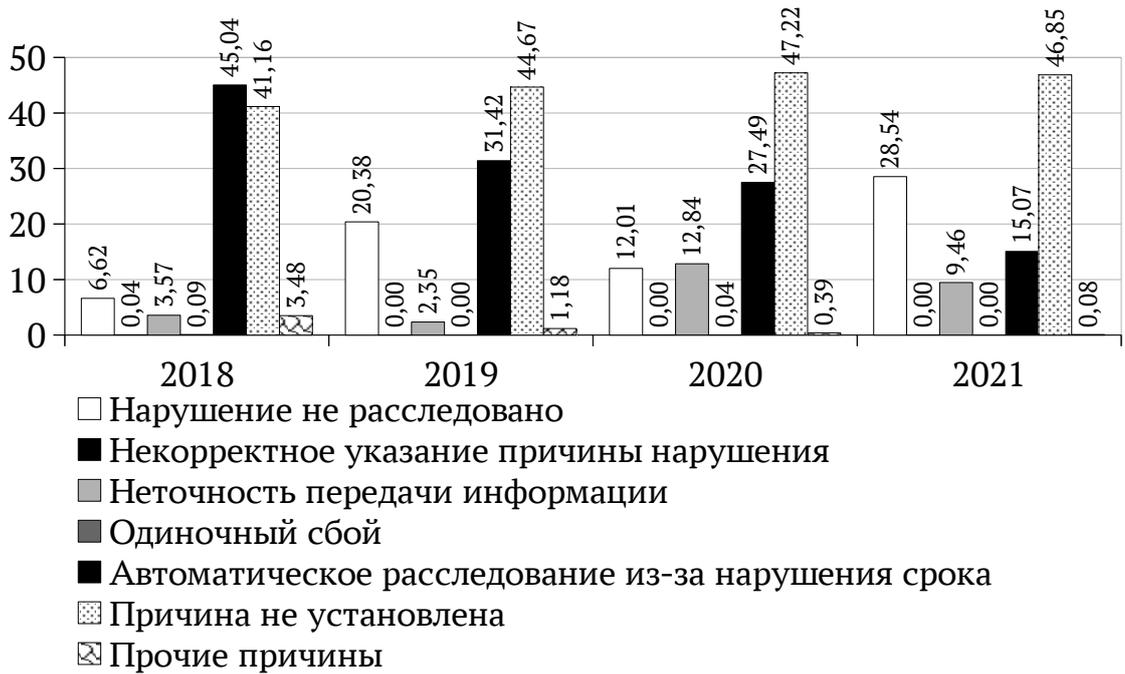


Рисунок 1.12 – Распределение причин некачественного расследования нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности, в процентах

Неустановление причины сбоя или нарушения в работе основных устройств безопасности является следствием отсутствия применения, и это будет показано далее, методов и соответствующих им технических средств в системе

обслуживания КП АЛСН, а также отсутствия технических средств, обеспечивающих непрерывный анализ электромагнитной обстановки в пути следования, т. е. в условиях эксплуатации.

Некачественное расследование не может способствовать выработке обоснованных организационных и технических решений, направленных на снижение числа автостопных торможений и нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности.

В отношении сбоев АЛС в [39-42] приводятся следующие сведения (рисунки 1.13, 1.14). Статистические данные показывают, что на различные варианты выполнения АЛСН приходится в 2021 году порядка 51,8 % сбоев АЛС, на КЛУБ и его модификации – 39,3 %, на БЛОК и его модификации – 8,9 %. Доля числа сбоев АЛС, приходящаяся на БЛОК растет с учетом роста парка локомотивов, оборудованных данным типом основного устройства безопасности. Доля числа сбоев, приходящаяся на АЛСН, остается достаточно высокой.

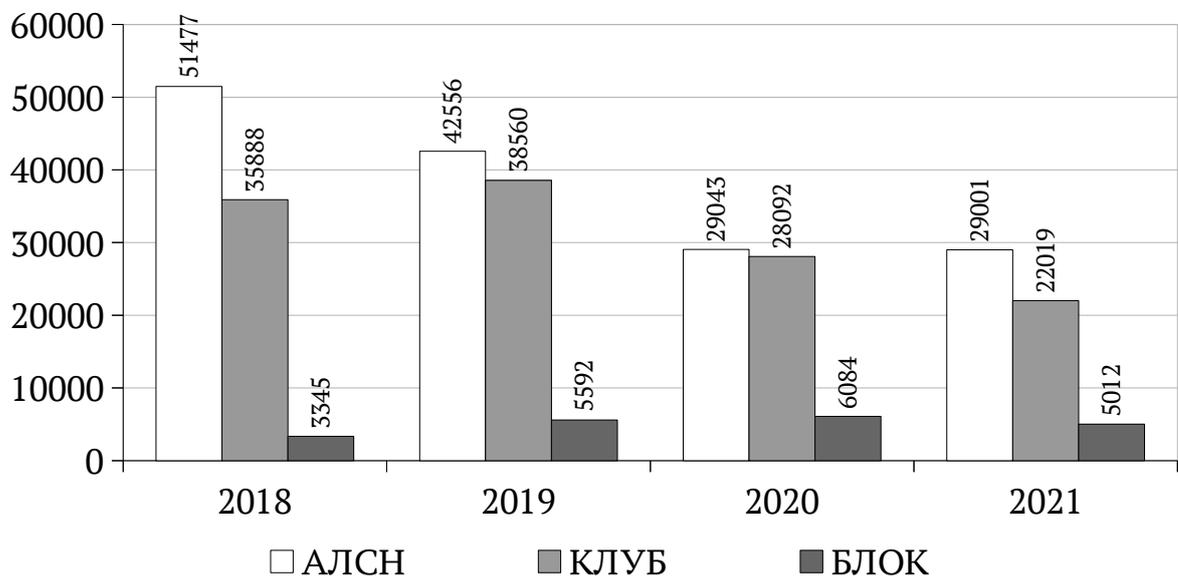


Рисунок 1.13 – Распределение числа сбоев АЛС по типу основного устройства безопасности

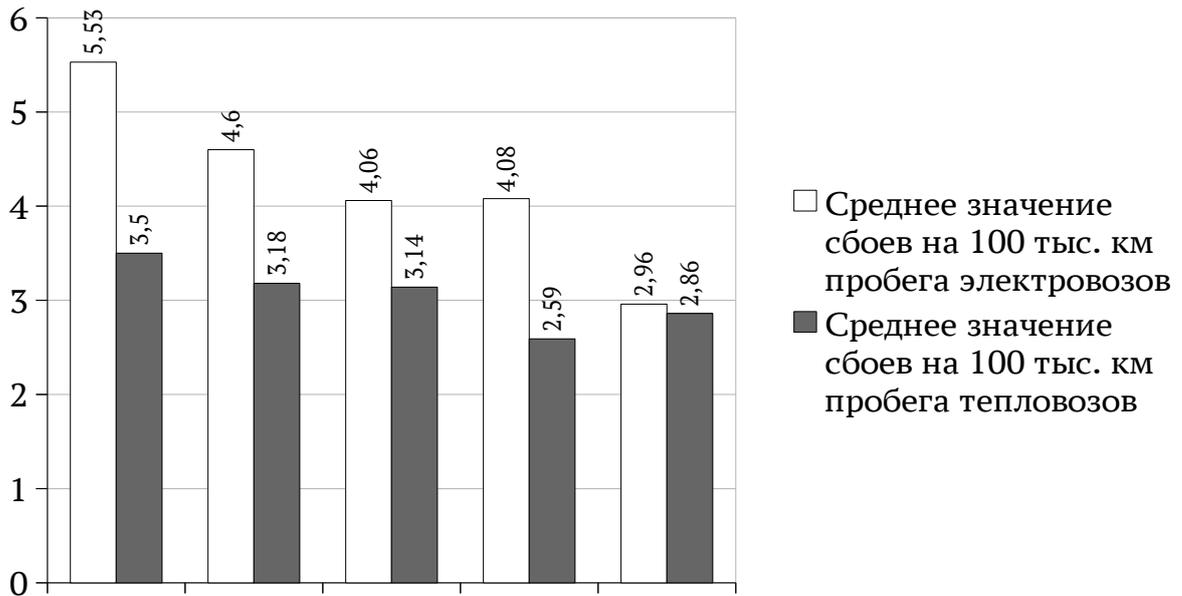


Рисунок 1.14 – Распределение среднего удельного значения сбоев АЛС на 100 тыс. км пробега локомотива по типу основного устройства безопасности

Дальнейший анализ статистических данных о сбоях АЛС затруднителен. В частности невозможно оценить удельное число сбоев АЛС, приходящихся на единицу пробега локомотива, оборудованного определенным типом основного устройства безопасности, для сравнительного анализа устойчивости работы различных типов основных устройств безопасности. Отсутствует детальная классификация причин однократных (единичных) сбоев, относимых ко второй категории. В связи с этим такие одиночные сбои могут рассматриваться как некачественное расследование причин сбоев ввиду неполноты информации об условиях и причинах его возникновения. Число таких одиночных сбоев АЛС достаточно велико (рисунок 1.15), а доля колеблется в рассматриваемом периоде в диапазоне от 38,6 до 45,8 %.

Аналогичная проблема существует и на метрополитенах. Наиболее характерными видами сбоев в работе локомотивных устройств безопасности (на метрополитенах их принято называть поездными устройствами) системы автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием

скорости (АЛС-АРС), являются отсутствие частоты (ОЧ) и ограничение допустимой скорости 40 км/ч (40).

В заключении следует отметить следующее:

- число сбоев и нарушений в работе основных устройств безопасности снижается, однако остается достаточно большим;

- число автостопных торможений, приходящихся на причины, связанные с неисправностью основных устройств безопасности на микропроцессорной элементной базе, выше, чем для устройств АЛСН на релейной или микропроцессорной элементной базе;

- доля некачественно расследованных случаев автостопных торможений (44,41% за 2021 год) и нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности (46,85 % за 2021 год) остается на достаточно высоком уровне; основные причины некачественного расследования могут быть отнесены к причинам, связанным с недостаточностью данных об условиях возникновения нарушения и техническом состоянии основного локомотивного устройства безопасности в момент сбоя, а также о недостаточности сведений о текущем техническом состоянии локомотивного устройства безопасности;

- число сбоев АЛС, относимых к одиночным, велико (25686 случаев за 2021 год); ввиду значительного их числа требуется определение условий их возникновения.

С учетом вышеизложенного требуется разрабатывать меры, направленные на снижение числа сбоев в работе локомотивных устройств безопасности.

## **1.2 Направления работ по снижению числа сбоев и нарушений**

В литературе [31] описаны три направления снижения числа сбоев в работе локомотивных устройств безопасности:

- изменение принципов, лежащих в основе кодирования, передачи и приема информации в АЛС;

- снижение уровня помех на входе локомотивного приемника;

- совершенствование технологии обслуживания.

В рамках первого из указанных авторами направлений осуществляют синтез технических средств, в первую очередь на микропроцессорной элементной базе. Как правило, речь идет о лабораторных испытаниях опытных образцов, обеспечивающих повышение помехозащищенности канала АЛС [43]. Серийное производство и эксплуатация таких технических средств в настоящее время на сети железных дорог ОАО «РЖД» не осуществляются (на это указывают сведения об оснащении – рисунок 1.1). В основе большинства предлагаемых технических решений – применение теории оптимального приема сигналов [44], попытка синтеза т. н. оптимального линейного фильтра и корреляционного приемника сигналов АЛС [43]. О вариантах технической реализации таких решений будет сказано позднее в подразделе, посвященном анализу тенденций развития локомотивных устройств безопасности.

Второе направление является частью большой работы по оценке электромагнитной совместимости устройств железнодорожной автоматики и телемеханики с различными источниками помех. Чаще всего в качестве такого источника рассматривается асимметрия тягового тока в рельсовой линии [45-50]. Благодаря работам в данном направлении определяются условия возникновения электромагнитной обстановки, при которых могут возникать сбои или нарушения в работе основных устройств безопасности по вине путевой инфраструктуры. Получаемые результаты могут использоваться для разработки технических и организационных мероприятий как для путевой инфраструктуры, так и для локомотивного оборудования.

Следует отметить, что в рамках данного направления рассматриваются преимущественно частные в пространстве и во времени случаи возникновения электромагнитной обстановки, приводящей к сбоям или нарушениям. Как правило не учитывается влияние собственных параметров аппаратуры основных устройств безопасности на вероятность возникновения сбоя или нарушения в их работе.

Для комплексного применения полученных ранее результатов требуется применить статистический подход для описания электромагнитной обстановки,

характерной для электрифицированных участков железных дорог. Наиболее ранней работой в данном направлении следует считать [51]. В ней была предпринята попытка оценки вероятности сбоя кодов АЛС.

Полученная оценка строится на использовании статистических сведений о произошедших сбоях и условии, что причиной сбоев является только действие помехи в канале АЛС. Авторами предполагается, что основные устройства безопасности не могут иметь таких отклонений параметров, которые могли бы приводить к сбоям при наличии кодовых комбинациях в рельсовой линии с допустимыми параметрами длительностей импульсов и пауз. В частности не учитываются возможные перемещения кузова локомотива при его движении [52], которые могут приводить к возникновению помехи на входе локомотивного приемника.

Дальнейшее развитие статистического подхода прослеживается в [53], где решена задача построения математической модели, описывающей импульсные помехи.

Что касается **третьего** направления, то в литературе оно рассматривалось значительно реже. Среди основополагающих работ следует выделить [31], где указывается на необходимость «...проверки их на помехоустойчивость до начала эксплуатации и проведение необходимых мероприятий на локомотиве для устранения причин сбоев».

С учетом этого далее требуется обобщить сведения о:

- применяемых технических средствах для обслуживания локомотивных устройств безопасности;
- работах, посвященных повышению качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности;
- работах, посвященных снижению числа сбоев и нарушений в работе локомотивных устройств безопасности;
- материалах, посвященных развитию автоматизированных систем, используемых в рамках процесса технического обслуживания локомотивных устройств безопасности или для анализа особенностей их работы.

### **1.3 Анализ состояния проблемы повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности**

Приведем характеристику текущего состояния производственного процесса технического обслуживания локомотивных устройств безопасности. Это позволит дать оценку соответствия нормативного обеспечения и используемых технических средств поставленным перед ней задачам [22].

Для обслуживания локомотивных устройств безопасности используется система контрольных пунктов, организуемых при депо и пунктах технического обслуживания локомотивов. На контрольных пунктах согласно [22] с использованием канала индуктивной связи решаются следующие задачи:

а) проверка устройств безопасности на соответствие сигнальных показаний локомотивного светофора кодовым сигналам, передаваемым с пути (после проведения технических обслуживания и текущих ремонтов; подразумевает использование только рабочих воздействий);

б) измерение сопротивления, добротности, индуктивности и ЭДС приемных катушек при номинальных значениях токов в испытательном шлейфе без снятия с локомотива на номинальной высоте подвеса 150 мм (не реже одного раза в шесть месяцев на ближайшем текущем ремонте / после замены приемных катушек / при расследовании причин сбоев в работе устройств безопасности);

в) проверка действия и регулировка устройств АЛСН и контроля бдительности машиниста (при технических обслуживаниях; подразумевает использование рабочих воздействий).

Следует отметить, что все вышеперечисленные проверки требуется проводить при номинальной величине тока в испытательном шлейфе (равны действующим значениям силы тока, принимаемым при расчетах режима АЛС рельсовых цепей). Опыт эксплуатации показывает, что используемые при решении задач на контрольных пунктах действующие величины силы тока могут превышать номинальные значения в 2-3 раза, т. к. при номинальных величинах токов работа основных устройств безопасности нестабильна: возможны

переключения локомотивного светофора на белый или красный огни при соответствии параметров локомотивного оборудования требованиям нормативной документации.

В отношении проверки «б» следует отметить наличие требования на необходимость симметрирования величин ЭДС, наводимых в приемных катушках [22, 54]. Однако в [22] отсутствуют требования к допустимой величине асимметрии величин ЭДС, наводимых в паре приемных катушек, а в [54] установлено, что значения ЭДС, наведенные в паре приемных катушек не должны различаться более чем на 5 %. В рамках операции симметрирования согласно [22] предлагается регулировать высоты подвеса приемных катушек и их боковое смещение относительно вертикальной оси ходового рельса. В [54] отсутствует описание рекомендованных действий для симметрирования ЭДС приемных катушек.

Следует отметить, что в перечне задач, решаемых в условиях контрольных пунктов согласно [22, 54] отсутствуют проверки, направленные на определение технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации. Таким образом отсутствует полнота контроля текущего технического состояния локомотивных устройств безопасности.

Оборудование, используемое для формирования электромагнитного поля, эквивалентного электромагнитному полю вокруг рельсовой линии в условиях эксплуатации, согласно [22] может быть различных типов:

- стационарный испытательный шлейф, соответствующий требованиям на испытательные шлейфы 1974 г. ИШ-74 [55] (согласно письма [56] взамен следует использовать 36090-00-00 МУ [57]; требования, аналогичные ИШ-74, длительное время содержались в руководствах по эксплуатации современных микропроцессорных устройств безопасности [58]);

- стационарный испытательный шлейф, соответствующий требованиям 36090-00-00 МУ [57] (со скрещиваниями через равные расстояния);

- стационарный испытательный шлейф, соответствующий требованиям Инструкции № 35002-000-00 [59] (современный вариант, требования пришли на смену 36090-00-00 МУ в 2020 г.);

- переносные испытательные шлейфы испытателей локомотивной сигнализации типов ИЛС-3 и ИЛС-4 [60];

- переносные испытательные шлейфы устройства бесшлейфовой проверки УБП [61].

Вплоть до 2020 года в нормативной документации содержались различные требования к выполнению стационарного испытательного шлейфа. В [22, 58] содержались требования к шлейфам, аналогичные ИШ-74 [55], что противоречило письму [56], в котором указывалось на необходимость применения взамен ИШ-74 требований 36090-00-00 МУ [57]. Кроме того, вплоть до 2020 г. отсутствовали варианты реализации испытательных участков, оборудованных рельсовыми цепями, хотя в эксплуатации находились такие испытательные участки.

Следует отметить, что требования к высоте прокладки стационарных и переносных испытательных шлейфов различаются: для ИЛС-3, ИЛС-4 и УБП данные параметры в руководствах по эксплуатации и иных нормативных документах не указаны, в то время как в ИШ-74 и 36090-00-00 МУ такие требования установлены достаточно жестко (допуски к высоте прокладки испытательного шлейфа появились только в Инструкции 35002-000-00).

Кроме того, действующее значение тока в шлейфе для переносных устройств проверки АЛС типа ИЛС-3 и ИЛС-4 в три раза больше значения тока, показываемое с использованием встроенного амперметра [62], а для устройства УБП в 10 раз меньше, чем номинальная величина силы тока при использовании стационарного испытательного шлейфа [61]. Последнее объясняется количеством витков рамки применяемого в УБП шлейфа. Для переносного шлейфа УБП указываются требования к размещению приемной катушки на равном удалении от концов рамки [61].

Различие между действующим значением тока в шлейфе переносного устройства проверки АЛС, на индикаторе амперметра такого устройства и в

стационарном шлейфе, а также различия в высоте прокладки переносных и стационарных испытательных шлейфов могут приводить к различной интерпретации получаемых результатов измерений.

Для формирования сигналов автоматической локомотивной сигнализации на контрольных пунктах используются различные устройства проверки АЛС: стационарные и переносные. Распределение эксплуатируемых стационарных устройств проверки АЛС по типам показано на рисунке 1.15. Распределение справедливо на дату 07.06.2019 и было получено на основе данных, предоставленных в ответ на телеграмму № ИСХ-1515/ЦТР от 31 мая 2019 г.

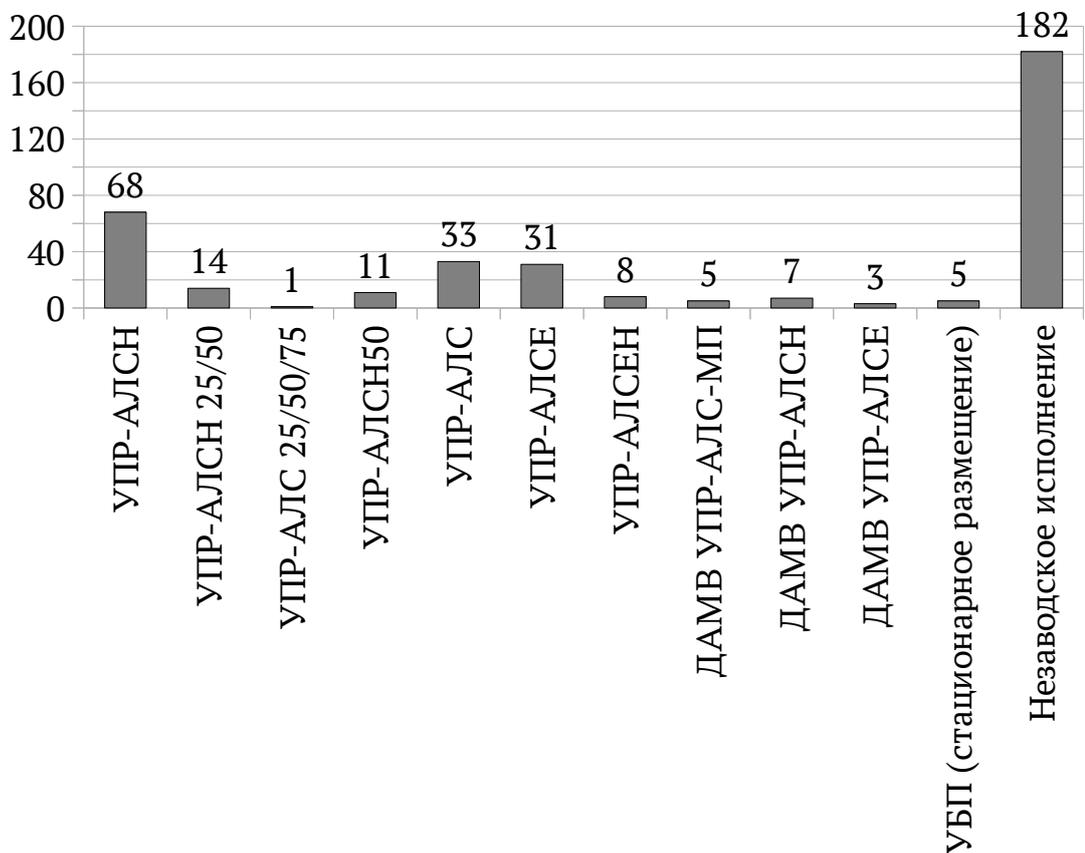


Рисунок 1.15 – Оснащенность контрольных пунктов устройствами проверки АЛС

Следует отметить, что 49,5 % от общего числа устройств проверки АЛС, используемых на контрольных пунктах, представляют собой морально устаревшие релейные устройства заводского исполнения 80-90 гг. выпуска.

Доля современных микропроцессорных устройств проверки АЛС (ДАМВ УПР-АЛС-МП, ДАМВ УПР-АЛСН и ДАМВ УПР-АЛСЕ) сравнительно невелика – 4 %. Подавляющее большинство устройств проверки АЛС обладает функциональными возможностями по формированию только стандартных кодовых комбинаций числового кода зеленого огня «З», желтого огня «Ж» и желтого с красным огня «КЖ» (рабочих воздействий) для заданных частот несущего сигнала с номинальными длительностями импульсов и пауз, реже – т. н. длинных и коротких пауз. Ряд устройств имеет функциональные возможности по формированию сигналов многозначной АЛС-ЕН [63].

Формируемые устройствами проверки АЛС сигналы не позволяют выявлять отклонений параметров работы основных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации. В связи с чем при расследовании случаев сбоев или нарушений в работе локомотивных устройств безопасности невозможно дать заключение о том, что явилось причиной сбоя или нарушения: отклонение параметров путевой инфраструктуры или бортовых устройств, т. е. не обеспечивается полнота информации о текущем техническом состоянии оборудования.

Также в [22, 54, 57-59, 61-63] отсутствует описание требований к электромагнитной обстановке, в которой допускается проведение испытаний локомотивных устройств безопасности, отсутствуют требования к учету влияния особенностей индуктивной связи испытательной линии индуктивной связи (шлейфа) с приемными катушками. Отсутствие таких требований существенно влияет на достоверность информации о текущем техническом состоянии основных устройств безопасности.

#### **1.4 Методы и технические средства для снижения числа сбоев и нарушений в работе локомотивных устройств безопасности**

Для выявления тенденций развития технических решений, направленных на снижение числа сбоев в работе локомотивных устройств безопасности за счет изменения алгоритма их работы, было проведено исследование уровня техники в Российской Федерации с глубиной поиска 20 лет в форме патентного исследования. Выявление таких тенденций позволит определить основные источники электромагнитной помехи на работу локомотивных устройств безопасности, а также оценить их характер. Это потребуется в дальнейшем при решении задачи оценки помехоустойчивости работы основных устройств безопасности в условиях контрольных пунктов. Основные результаты приведенного исследования были опубликованы в [64].

Глубина поиска определена с учетом того, что именно на эти годы пришлось активные разработка и внедрение современного электрического подвижного состава с асинхронным тяговым приводом, начатые в 1998 году с выпуска одной единицы электровоза ЭП10 [65].

С учетом предмета исследования, сформулированного ранее, были определены следующие наиболее подходящие группы Международной патентной классификации (МПК): В61L 1, В61L 3, В61L 13, В61L 15, В61L 23, В61L 25, В61L 27, В61L 99. При задании поисковых терминов использовались следующие ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, защита рельсовых цепей, защита локомотивных устройств безопасности, защита автоматической локомотивной сигнализации, интервальное регулирование. Поиск осуществлен по реферативной базе Федерального института промышленной собственности.

В результате поиска было отобрано 49 патентных документов. Результаты поиска актуальны на дату 20.03.2022. Для характеристики количественных результатов проведенного патентного исследования построены две гистограммы: распределение числа выданных патентов по годам (рисунок 1.16) и числа выданных патентов по патентообладателям (рисунок 1.17).

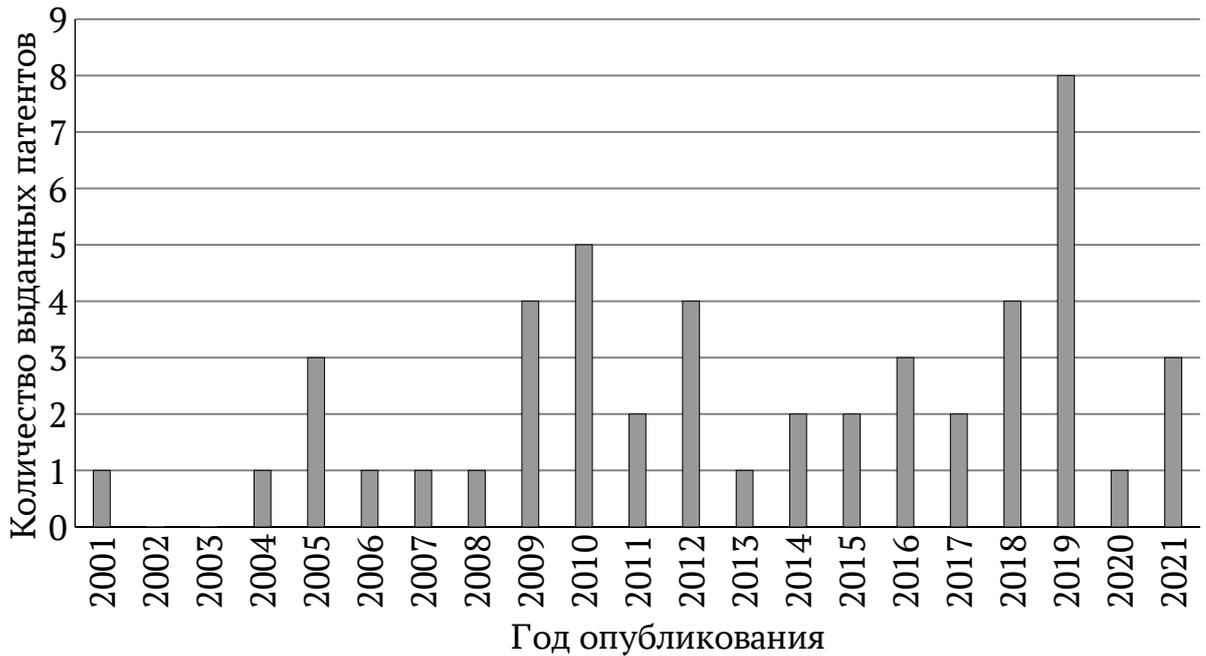


Рисунок 1.16 – Распределение числа выданных патентов по годам

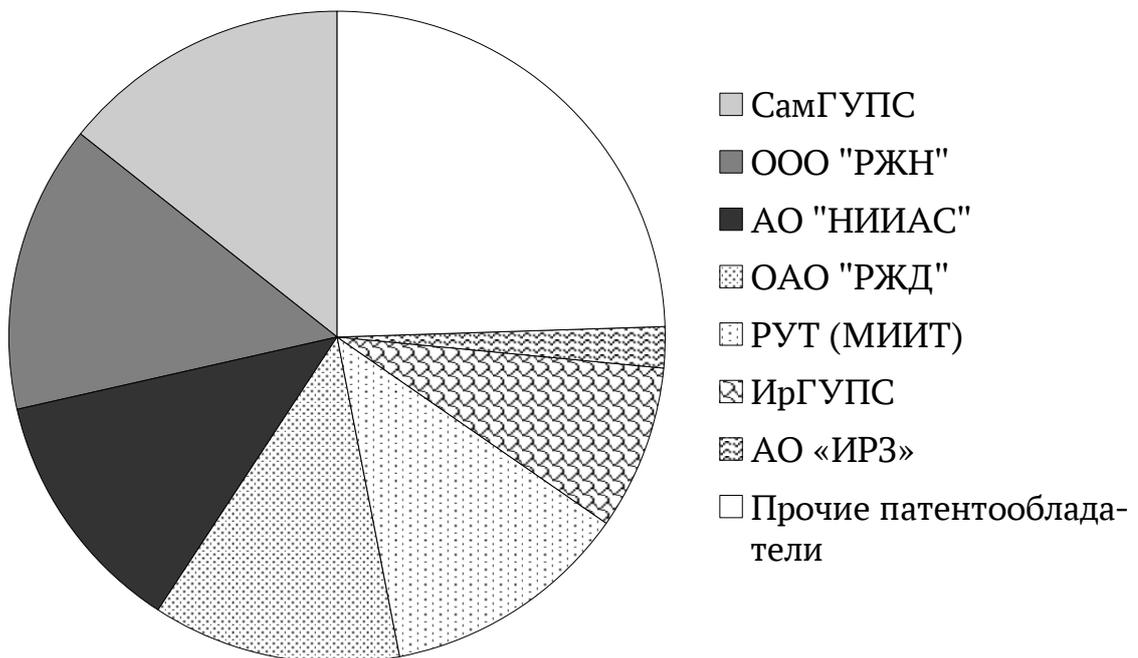


Рисунок 1.17 – Распределение числа выданных патентов по патентообладателям

В распределении числа выданных патентов по годам очевидны два всплеска изобретательской активности, которые приходились на 2010 и 2019 года. Первый всплеск изобретательской активности связан с двумя принципиальными вопросами: обеспечением электромагнитной совместимости при тяжеловесном

движении на участках железных дорог со сложным профилем и электрической тягой переменного тока с уже эксплуатируемым электрическим подвижным составом (работы под руководством д.т.н., проф. В. И. Шаманова [30, 66, 67]) и первыми результатами эксплуатации электровозов с асинхронными тяговыми двигателями серии ЭП10 (работы за авторством и под руководством д.т.н., проф. Ю. А. Кравцова [47, 68-70]).

Второй всплеск связан с тем, что в Российской Федерации в 2010 году был впервые представлен магистральный электровоз 2ЭС10 [71], в том же году завершён проект электровоза ЭП20 [72]: начинаются активные разработка и внедрение на сети железных дорог ОАО «РЖД» современного электрического подвижного состава с асинхронным тяговым приводом. Последующее отсутствие снижения числа сбоев в работе локомотивных устройств безопасности в течение длительного времени, разумеется, снова привлекло внимание ученых к вопросу электромагнитной совместимости электрического подвижного состава и приемного оборудования локомотивных устройств безопасности. Теперь уже с учетом опыта эксплуатации устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) в изменившейся электромагнитной обстановке на целых участках железных дорог. На фоне этого непрерывно продолжались работы, связанные с совершенствованием технических и программных средств Комплексного локомотивного устройства безопасности и Безопасного локомотивного объединенного комплекса.

Анализ второй гистограммы (рисунок 1.17) показал, что компетенциями, связанными с совершенствованием технических средств локомотивных устройств безопасности, обладают всего семь юридических лиц. При этом в основном патенты принадлежат или непосредственно ОАО «РЖД» или научным и образовательным организациям в области железнодорожного транспорта. Один патент принадлежит заводу-изготовителю оборудования. Незначительная доля патентов – 10 % – принадлежит физическим лицам.

Это, а также доля действующих патентов от их выданного числа – 33 %, указывают на малое число непосредственно внедренных технических решений, а

также на сложность такого внедрения с учетом существующего уровня техники ввиду необходимости осуществления мероприятий, направленных на доказательство безопасности.

Рассмотрим подробнее наиболее существенные признаки, использованные авторами для повышения помехоустойчивости работы приемной аппаратуры основных устройств безопасности.

В работе [73] авторами рассмотрен вопрос реализации безопасного микропроцессорного основного локомотивного устройства безопасности с двухканальной архитектурой. В [74] решена проблема экстренных торможений из-за скачкообразного изменения координаты локомотива. Реализация микропроцессорного устройства с дублированным каналом обработки информации продолжена в [75, 76]. В [77] для исключения сбоев показаний локомотивного светофора на лунно-белый при наличии помехи прекращают дешифрацию сигналов, поступающих по каналу индуктивной связи, и переходят к резервному каналу связи – радиоканалу – и резервному источнику информации о наличии впереди железнодорожного подвижного состава – центральному посту радиоблокировки. В [78, 79] авторами предложено исключить операцию дифференцирования смеси сигнала и помехи при ее передаче из рельсовой линии на вход локомотивного приемника. Причем в [78] это сделано путем использования датчиков Холла, что позволило бы снизить уровень высокочастотных помех и импульсных помех на входе локомотивного приемника. Далее идея получила развитие в [80], при этом дополнительно решалась проблема т. н. «боковой качки». В [81] для установления причины сбоя в работе локомотивных устройств безопасности предложено осуществлять регистрацию величины тягового тока. Отдельного внимания заслуживает [82], где информацию о сигнальном показании светофора предложено передавать по проводу тягового тока. При этом защита от помехи, связанной с электрической дугой, реализуется в данной работе за счет передачи двух одинаковых сигналов в разных частотных диапазонах. В работе [83] осуществляют корреляционное сравнение спектральных плотностей двух кодовых комбинаций: текущей и предыдущей. В случае

совпадения спектральную плотность далее корреляционно сравнивают с эталонными для всех типов кодовых комбинаций и формируют по результатам сравнения (по наибольшей величине коэффициента корреляции) соответствующий сигнал локомотивного светофора. В [84] для подавления импульсной помехи используют динамическое пороговое устройство.

Для исключения воздействия помехи в [85] предложено использовать прием сигналов отдельно для верхней и нижней боковой составляющих спектральной плотности амплитудно-модулированного сигнала АЛС с последующим сравнением результатов вычисления средних мощностей смеси сигнала и помехи для нижней и верхней боковой составляющих. При неравенстве этих величин сигнал локомотивной сигнализации принимают по результату работы приемника той боковой составляющей, для которой средняя мощность смеси сигнала и помехи оказалась меньше.

В [86] реализована структура, представляющая собой, по существу, приемник амплитудно-манипулированных сигналов. В рамках предложенной структуры сначала осуществляют жесткое амплитудное ограничение, затем дискретизацию, квантование по уровню и цифровую фильтрацию. Сигнал на выходе преобразуют в аналоговый, представляющий собой последовательности видеоимпульсов. В [87] для компенсации помехи в приемных катушках, связанной с асимметрией тягового тока в рельсах, используют дополнительные компенсирующие катушки, расположенные над основными катушками таким образом, что при полной симметрии их геометрического положения относительно уровня головки рельсов и оси железнодорожного пути коэффициент их связи с соответствующими рельсовыми нитями равен нулю. При «боковой качке» кузова локомотива ЭДС, наведенная в них, компенсирует ЭДС помехи, наведенную в основных приемных катушках. В [88] схожее техническое решение с дополнительными катушками использовано для компенсации помехи при прохождении локомотивом кривых. В [89] используются система фильтров, выделяющих из смеси сигнала и помехи помеховые составляющие выше и ниже частоты несущего сигнала после чего, с учетом изменения фазы при прохождении

фильтров, вычитают их из первоначальной смеси сигнала и помехи, вследствие чего на вход локомотивного приемника поступает только полезный сигнал. В [90] использовано бланкирование, которое в моменты появления импульсной помехи исключает передачу на вход локомотивного приемника смеси сигнала и помехи.

В [91-94] рассмотрен вопрос защиты локомотивных устройств безопасности от помех, возникающих при движении по участкам железнодорожных линий, пересекаемых линиями электропередач. Повышение помехоустойчивости достигается, в частности, за счет изменения алгоритма работы релейного дешифратора путем добавления в него дополнительной цепочки питания реле соответствия СР.

Анализ технических решений, изложенных в рассмотренных патентных документах, позволяет сформулировать следующие тенденции развития предмета исследования:

- в технических решениях реализуют меры, направленные на учет влияния различных электромагнитных помех, характерных для канала индуктивной связи «путь – локомотив»;

- технические меры, исключающие ложное – под действием помехи – изменение сигнала локомотивного светофора используют: изменение алгоритма работы дешифратора, блокирование передачи смеси сигнала и помехи на вход локомотивного приемника на время действия помехи значительного уровня или еще дополнительный канал связи;

- высокую эффективность технических решений, использующих принципы теории оптимального приема сигналов, в частности корреляционный прием сигналов, оптимальную линейную фильтрацию.

Полученные результаты позволяют судить о необходимости учета особенностей работы основного локомотивного устройства безопасности, в первую очередь входящего в его состав блока дешифрации, при приеме искаженных под действием помехи сигналов для определения уровня его помехоустойчивости.

Далее подробно рассмотрим особенности технических средств, используемых при обслуживании локомотивного оборудования на контрольных пунктах.

### **1.5 Тенденции развития методов и технических средств, применяемых при обслуживании локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах**

Для анализа тенденций развития технических средств проверки локомотивной аппаратуры АЛСН был проведен тематический патентный поиск с применением баз данных рефератов российских изобретений, заявок на российские изобретения и формул российских полезных моделей Федерального института промышленной собственности. Его основные результаты приведены в [95].

На первоначальном этапе был определен перечень групп Международной патентной классификации, примененный впоследствии при составлении поисковых запросов: В61L3; В61L9; В61L15; В61L23; В61L25, В61L99. В качестве ключевых слов рассматривались: диагностика, проверка, контроль, оценка, АЛС, сигнализация и т.п. В соответствии со сформулированными поисковыми запросами получено 138 патентных документов. Из результатов поискового запроса были исключены технические решения, посвященные: устройствам и способам контроля и диагностики локомотивных устройств безопасности в условиях контрольно-ремонтных пунктов и в пути следования; устройствам, предназначенным для оценки или измерения параметров приемных катушек. Было отобрано 29 документов, соответствующих предмету поиска. Приведенные результаты актуальны на дату 17.03.2021.

Распределение числа выданных патентов по патентообладателям приведено на рисунке 1.18.

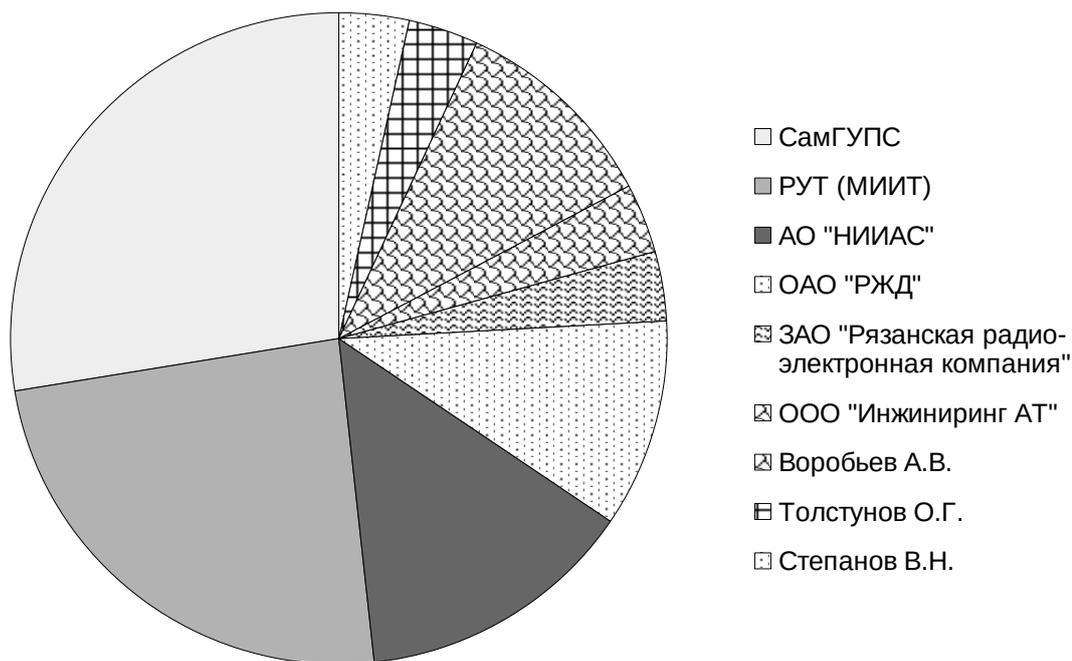


Рисунок 1.18 – Распределение числа выданных патентов по патентообладателям

Распределение числа выданных патентов по годам приведено на рисунке 1.19.

На основании полученной выборки документов установлено, что количество выданных патентов в области технических средств и способов, применяемых при проверке локомотивной аппаратуры АЛСН в условиях контрольных пунктов депо и пунктов технического обслуживания, за последние 30 лет непрерывно увеличивалось.

Пик изобретательской активности приходится на 2020 год. Только за последние пять лет выдано 27,6 % от общего числа всех выданных за 30 лет патентов, что подтверждает интерес к данной области техники со стороны разработчиков.

Специалистами СамГУПС разрабатывались технические решения [96-102], направленные на изучение влияния различных факторов на уровень помехи на входе локомотивного приемника.

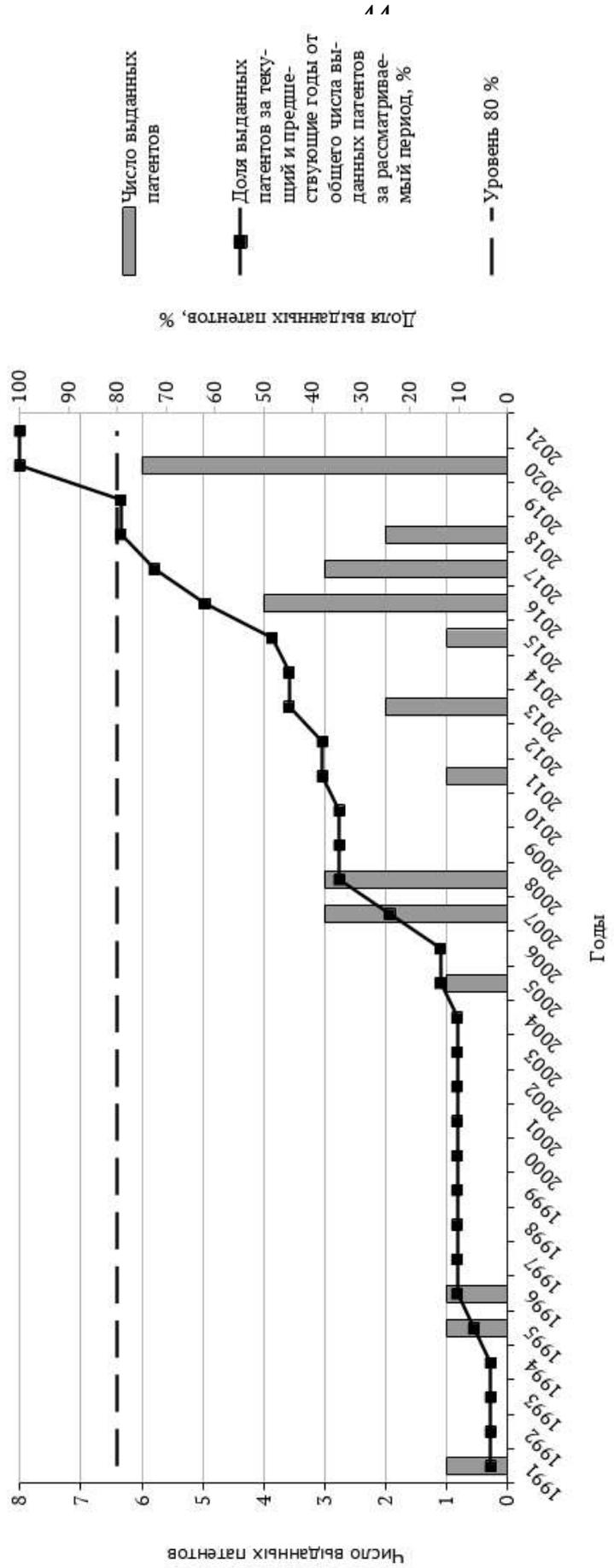


Рисунок 1.19 – Распределение числа выданных патентов по годам

В частности, рассмотренные технические решения позволяют учесть влияние помехи, возникающей за счет:

- действия тягового тока при колебаниях кузова локомотива (асимметрии приемных катушек, вызванной различием их пространственного положения относительно уровня головки рельса и осей соответствующих ходовых рельсов);

- асимметрии тягового тока, возникающей при продольной асимметрии в рельсовой линии при различных частоте несущего сигнала АЛСН, длине рельсовой линии, сопротивлению рельсов и сопротивлению изоляции;

- формирования и передачи в рельсовую линию импульсных помех от тягового тока, возникающих, в том числе при изменении позиции контроллера машиниста тягового железнодорожного подвижного состава;

- учета влияния т.н. «шпального эффекта», заключающегося в возникновении в местах укладки шпал неоднородности магнитных полей тягового и сигнального токов;

- учета влияния помех, формируемых высоковольтными линиями электропередачи при различном угле пересечения ими участка железнодорожного пути;

- учета влияния помех, возникающих вследствие проезда железнодорожным подвижным составом мест установки изолирующих стыков;

- учета влияния помех, возникающих в приемных локомотивных катушках при проследовании подвижным составом стрелочных переводов.

Указанные технические решения позволяют сформировать лабораторную базу для исследования особенностей функционирования систем автоматической локомотивной сигнализации при различных источниках помех и их параметрах, а также различных параметрах сигналов АЛСН (несущей частоты) и параметров рельсовой линии. Однако на практике реализация таких технических решений в условиях контрольных пунктов в депо или пунктах технического обслуживания представляется затруднительной.

Более интересными с этой точки зрения являются технические решения [103-109], разработанные специалистами РУТ (МИИТ), направленные на оценку

помехоустойчивости работы автоматической локомотивной сигнализации с помощью специальных тестовых воздействий, формируемых путем модификации существующих кодовых комбинаций числового кода. Так предполагалась оценка помехоустойчивости работы локомотивной аппаратуры АЛСН путем:

- определения длительности паузы, разделяющей отдельные кодовые комбинации, при которой возникает сбой в работе комплекта аппаратуры;

- оценки предельных отклонений параметров длительностей импульсов и пауз в типовых кодовых комбинациях, при которых возникает сбой в работе комплекта аппаратуры;

- оценки времени переключения огней локомотивного светофора при изменении кодовой комбинации, поступающей на вход комплекта аппаратуры, при этом на вход подается одна такая кодовая комбинация, а вместо двух последующих формируется пассивная пауза;

- автоматической оценки соответствия показаний локомотивного светофора кодовым комбинациям, формируемым и передаваемым в линию связи, выполненную как в виде рельсовой линии, так и испытательного шлейфа.

Кроме того, специалистами РУТ (МИИТ) разработаны технические решения, позволяющие изучать влияние на уровень помехи на входе локомотивного приемника:

- первой колесной пары при различной величине асимметрии тягового тока в рельсовой линии и различном расстоянии от первой колесной пары до локомотивных катушек;

- экранирующего влияния рельса на работу испытательного шлейфа;

- влияния смежных железнодорожных путей на асимметрию в канале индуктивной связи.

Следует отметить, что технические решения, предложенные в [107-109], выполнены в рамках выполнения настоящего диссертационного исследования. Более подробно о них будет сказано в пятой главе.

Технические решения [110-113], разработанные специалистами АО «НИИАС», сводятся к совершенствованию устройств проверки

автоматической локомотивной сигнализации за счет повышения достоверности получаемых результатов. В частности, предлагается способ проверки комплекта аппаратуры и определения его уровня помехоустойчивости при подаче кодовых комбинаций с искажениями, характерными для эксплуатации АЛСН. Указано на необходимость оценки соответствия электромагнитного поля, формируемого заданным сигнальным током в шлейфе, электромагнитному полю, формируемому сигнальным током нормативной величины в рельсовой линии. Повышение достоверности результатов проверок достигается также за счет контроля технико-эксплуатационных параметров отдельных элементов испытательных участков контрольных пунктов с помощью устройства проверки АЛСН, в частности измерения величины сопротивления провода шлейфа постоянному току, сопротивления изоляции испытательного шлейфа, а также контроль состояния изолирующих стыков и сопротивления балласта [113]. Данная работа выполнена в рамках настоящего диссертационного исследования и более подробно о ней будет сказано в пятой главе.

Патентные документы ОАО «РЖД» [114-116] развивают идеи, предлагаемые специалистами РУТ (МИИТ) и АО «НИИАС» в части повышения эффективности и достоверности проверки локомотивной аппаратуры АЛСН. Также предлагаются технические решения, обеспечивающие проверку при передаче в испытательные шлейфы смеси сигналов АЛСН, сигналов контроля рельсовой линии электрических рельсовых цепей и различных помех и позволяющие в автоматическом режиме формировать детализированные протоколы проводимых проверок.

Идеи, изложенные в патентных документах, авторами которых являются специалисты РУТ (МИИТ), АО «НИИАС» и ОАО «РЖД», получили дальнейшее развитие в техническом решении [117], предложенном специалистами ООО «Инжиниринг АТ». Предлагаемое техническое решение позволяет снизить временные издержки на проверку аппаратуры, а также исключает ряд проблем, связанных с неуверенным приемом радиосигналов, возникающим в помещениях, где располагаются испытательные участки контрольных пунктов АЛСН. Следует

отметить, что в [117] впервые применена система тестовых воздействий для определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности, разработанная в рамках настоящего диссертационного исследования. Более подробно разработанная система тестовых воздействий описана в пятой главе.

ЗАО «Рязанская радиоэлектронная компания» получила патент [118] на техническое решение, позволяющее за счет выполнения испытательного шлейфа в виде двух самостоятельных проводников, проложенных определенным образом вдоль шеек соответствующих ходовых рельсов, определять работоспособность локомотивной аппаратуры АЛСН в условиях, приближенных к реальным. При этом предусматривается автоматический контроль соответствия реакции локомотивной аппаратуры АЛСН на поступающие кодовые сигналы с заданными параметрами.

Технические решения, патенты на которые получены физическими лицами, сводятся к замене стационарных устройств проверки их переносными аналогами. Так в изобретениях А.В. Воробьева [119, 120] предполагается применение индукторов, соединяемых с приемными катушками таким образом, что формируемый индукторами магнитный поток замыкается через сердечники приемных катушек, что позволяет исключить необходимость применения приемных катушек, содержащих дополнительную диагностическую обмотку, или стационарных шлейфов. Для повышения эффективности процесса диагностики представляется возможным применение двустороннего канала передачи информации между приемно-исполнительным устройством и пультом дистанционного управления, что позволяет исключить неправильную интерпретацию результатов проверки при искажении управляющих команд, поступающих к приемно-исполнительному устройству. В.Н. Степанов предложил использование переносного шлейфа в качестве альтернативы стационарному оборудованию контрольных пунктов АЛСН [121]. О.Г. Толстунов также предложил использовать переносной испытательный шлейф, управление сигналами в котором обеспечивается по проводному или беспроводному каналу

связи с пульта дистанционного управления из кабины испытуемого подвижного состава [122].

Следует отметить, что зарубежные авторы технических решений уделяют данной области техники незначительное внимание. В основном это связано с наличием в устройствах безопасности встроенных средств самодиагностики, а также широкого внедрения для передачи информации от путевых устройств радиоканала. Наиболее близкими по своей технической сущности к предмету поиска зарубежными техническими решениями следует считать, например, [123], в котором предлагаемая авторами система проверки обеспечивает в автоматическом режиме сравнение типа рабочего или тестового воздействия с типом показания блока индикации (локомотивного светофора), и [124], где предлагается устройство для периодической проверки сигнального устройства, устанавливаемого в кабине транспортного средства.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие основные тенденции развития технических средств проверки локомотивных устройств АЛСН в условиях контрольных пунктов:

- учет различных источников электромагнитных помех, оказывающих влияние на работу локомотивной аппаратуры АЛСН в пути следования;
- повышение эффективности проводимых испытаний за счет оценки помехоустойчивости работы локомотивной аппаратуры АЛСН при помощи специальных тестовых воздействий;
- исключение влияния «человеческого фактора» на результаты проверки локомотивной аппаратуры за счет автоматической фиксации реакций аппаратуры на передаваемые с пути сигналы или контроля технико-эксплуатационных параметров путевых устройств контрольных пунктов АЛСН;
- повышение мобильности за счет применения индукторов или переносных испытательных шлейфов.

Следует отметить, что на момент начала проведения исследования (2019 г.) поставленные в настоящем диссертационном исследовании задачи решены не

были. Сформулированные тенденции развития подтверждают правильность выбранного направления исследования и актуальность проводимой работы.

Для более полного описания применяемого для проверки локомотивных устройств безопасности в условиях контрольных пунктов технического оборудования далее следует рассмотреть программные средства, используемые при обслуживании основных устройств безопасности и для анализа условий их эксплуатации.

### **1.6 Тенденции развития программных средств, используемых при обслуживании локомотивных устройств безопасности и для анализа условий их эксплуатации**

Программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ) обеспечивают работу современных микропроцессорных устройств и программно-аппаратных комплексов, которые находят все более широкое применение в процессах контроля, диагностики, мониторинга работы, обслуживания устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики, в т.ч. локомотивных устройств безопасности. Поиск материалов, посвященных программам для ЭВМ, в рамках настоящего исследования осуществлялся с применением реферативной базы данных Федерального института промышленной собственности, содержащей в себе сведения о программах для ЭВМ, опубликованных начиная с 2013 года. Результаты настоящего поиска актуальны на дату 22 марта 2021 г.

На основе анализа названий и рефератов регистраций программ для ЭВМ была осуществлена их группировка по области применения. Количественные результаты такого распределения представлены на рисунке 1.20 (КРП – контрольно-ремонтный пункт). Гистограмма распределения числа полученных регистраций на программы для ЭВМ по годам представлена на рисунке 1.21.



Рисунок 1.20 – Распределение программ для ЭВМ по области применения

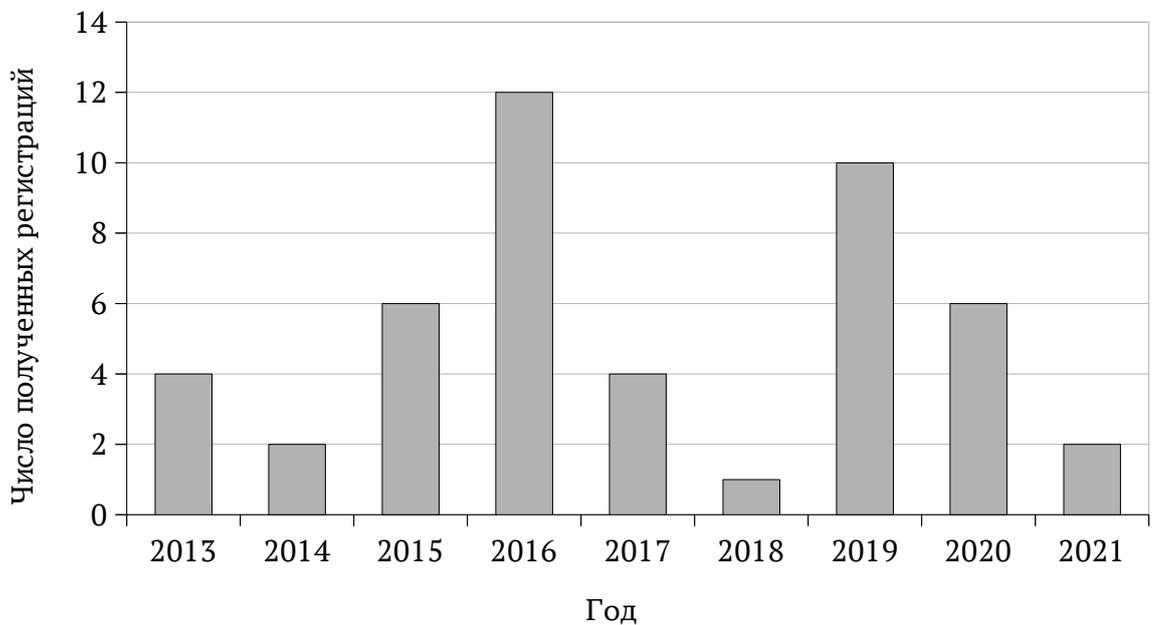


Рисунок 1.21 – Распределение числа полученных регистраций по годам

Распределение числа полученных регистраций по правообладателям представлено на рисунке 1.22.

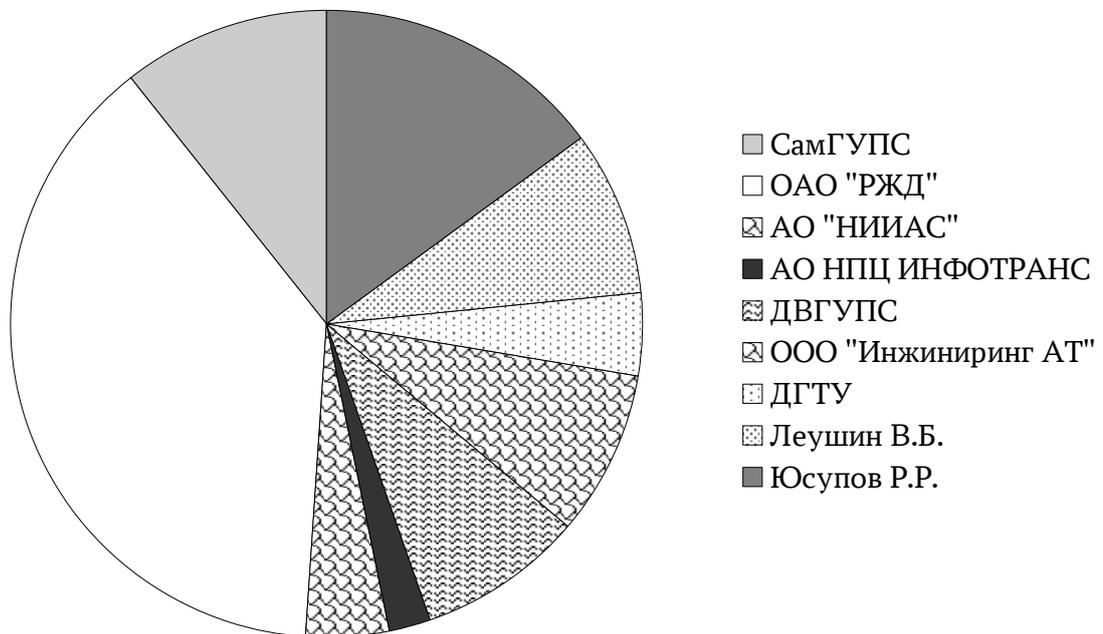


Рисунок 1.22 – Распределение числа полученных регистраций программ для ЭВМ по правообладателям

На рисунке 1.23 приводится распределение регистраций программ для ЭВМ, правообладателем которых является ОАО «РЖД», по областям применения. На рисунке 1.24 представлено распределение числа полученных регистраций по годам в четырех основных областях применения программ для ЭВМ, на которые приходится свыше 60 % от общего числа полученных регистраций: имитационное моделирование АЛСН в целом, имитационное моделирование дешифрации сигналов АЛСН и уже упомянутые сбор, обработка и протоколирование данных о нарушениях в работе локомотивных устройств безопасности и прием и дешифрация сигналов в условиях эксплуатации.

Из полученных распределений следует, что наибольшее количество регистраций на программы для ЭВМ получено в области сбора, обработки и протоколирования данных о нарушениях в работе локомотивных устройств безопасности, а также в области приема и дешифрации сигналов в условиях эксплуатации. Пик регистрационной активности приходится на 2016 год.

Правообладателем большинства программ для ЭВМ, относящихся к автоматической локомотивной сигнализации, является ОАО «РЖД».



Рисунок 1.23 – Распределение по областям применения регистраций программ для ЭВМ, правообладателем которых является ОАО «РЖД»

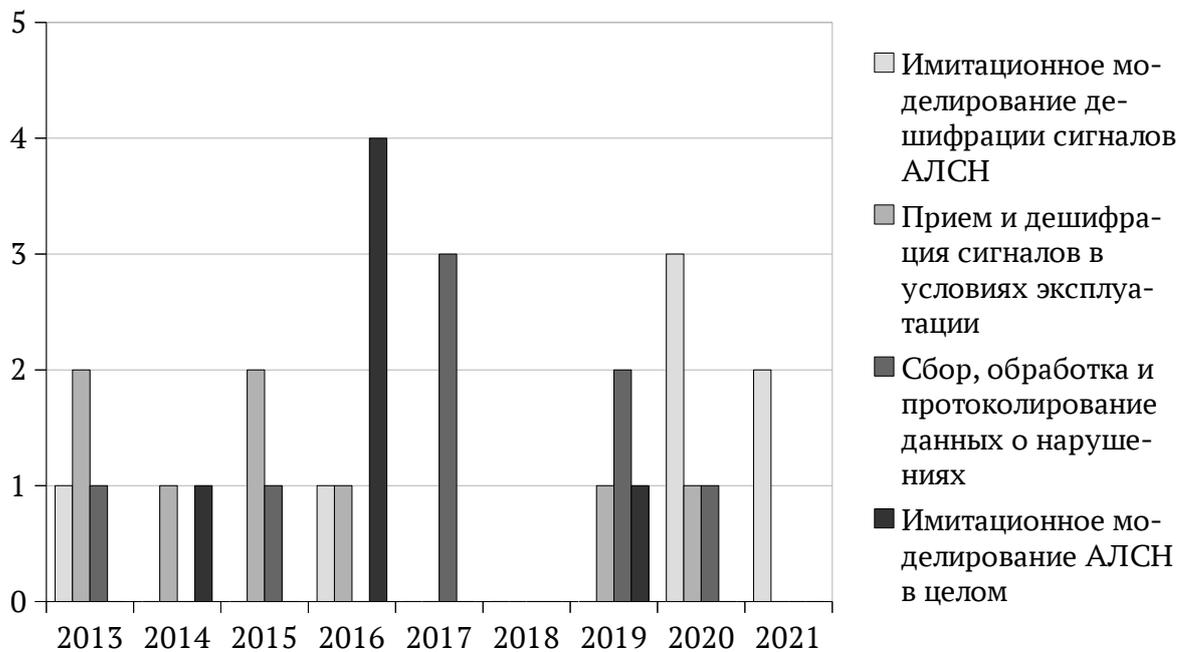


Рисунок 1.24 – Распределение числа регистраций программ для ЭВМ по годам в четырех основных областях применения

Качественную оценку зарегистрированных программ для ЭВМ осуществим в контексте областей их применения.

В области имитационного моделирования дешифрации сигналов АЛСН преобладают программы для ЭВМ, разработанные специалистами СамГУПС. Правообладателями таких программ являются как непосредственно СамГУПС, так и Юсупов Р.Р. Ранние программы обеспечивают моделирование работы классических дешифраторов, находящихся в эксплуатации (ДКСВ-1, ДКСВ-1-Д), результатом работы программы являются выходные сигналы управления огнями локомотивного светофора. Кроме того, программы могут быть использованы для изучения работы релейных локомотивных дешифраторов и обеспечивают возможность их сравнительного исследования по помехоустойчивости [125, 126].

Более поздние программы [127-131] позволяют исследовать работу корреляционных дешифраторов числового кода в условиях действия аддитивных флуктуационных, импульсных и гармонических помех, а также исследовать работу самого корреляционного дешифратора. Результатом работы программ является последовательность мгновенных значений напряжений на выходе дешифратора.

В области приема и дешифрации сигналов в условиях эксплуатации правообладателем значительного числа программ для ЭВМ является ОАО «РЖД». Программы для ЭВМ в данной области, правообладателем которых является ОАО «РЖД», предназначены для обеспечения функционирования модулей приемника (а в ряде случаев и дешифрации) сигналов АЛС в составе современных локомотивных устройств безопасности типов КЛУБ-У и БЛОК и их модификаций. Ряд программ для ЭВМ, в частности [132], обеспечивают формирование и обработку сообщений о сигналах АЛСН и АЛС-ЕН; фильтрацию, вычисление «плавающего» порога различения импульса и паузы, выделение и передачу в дешифратор двоичной огибающей сигнала АЛСН; фильтрацию сигнала АЛС-ЕН, определение и передачу в дешифратор фазового сдвига относительно опорного немодулированного сигнала; определение уровня сигнала АЛСН и АЛС-ЕН и установление признаков наличия сигнала для дешифратора

при превышении уровня порога срабатывания для каждого сигнала. Другие программы для ЭВМ, например [133], обеспечивают прием и обработку сигналов АЛСН, АЛС-ЕН с контролем достоверности для системы АЛСО с подвижными блок-участками, а также формирование данных для проверки достоверности рассчитанного местоположения поезда по информации о номере блок-участка, передаваемой в канале АЛС-ЕН. Наиболее поздняя программа для ЭВМ, принадлежащая ОАО «РЖД», предназначена для приема и дешифрации сигналов АЛС-ЕН/2 повышенной значности, а также сигналов АЛС-ЕН, АЛСН и КРЛ (комплексы КЛУБ-У и БЛОК) [134].

Программы для ЭВМ, правообладателем которых является АО «НИИАС», обеспечивают в том числе прием и обработку сигналов канала АЛСН; прием и обработку информации о рукоятках и кнопках (РБ, ВК, переключателя частоты), о текущей скорости [135, 136]. Применение указанных программ обеспечивает работу микропроцессорного дешифратора ДКСВ-М, а также позволяет повысить стабильность работы приемника кодовых сигналов АЛСН при следовании по некодированным участкам.

В области генерации сигналов и их измерения в условиях эксплуатации специалистами ДВГУПС разработана программа, предназначенная для реализации программного обеспечения многофункционального прибора генерации кодов АЛСН и измерения параметров сигналов устройств ЖАТ. Программа симулирует работу многоканального цифрового осциллографа [137]. Специалистами ОАО «РЖД» разработана программа для ЭВМ, предназначенная для формирования и передачи в рельсовую линию комплексного сигнала автоматической локомотивной сигнализации (сигналы АЛСН, АЛС-ЕН/2, КРЛ) для обеспечения работоспособности ячейки формирователя комплексного сигнала ФКС-М [138].

В области проверки оборудования в условиях КРП АЛСН основной вклад в разработку программ для ЭВМ внесли специалисты ООО «Инжиниринг АТ». Ими созданы три программы для ЭВМ, предназначенные для проверки параметров локомотивных фильтров, локомотивных усилителей и локомотивных

дешифраторов [139-141]. Специалистами АО «НИИАС» разработана программа для диагностики локомотивных дешифраторов кода АЛСН и выявления причин низкой помехоустойчивости релейной аппаратуры АЛСН путем подачи тестовых сигналов на испытуемую аппаратуру с последующим формированием протокола измерений [142].

В области сбора, обработки и протоколирования данных о нарушениях в работе локомотивных устройств безопасности следует выделить две программы для ЭВМ, правообладателем которых является ДГТУ. Данные разработки позволяют осуществлять регистрацию сигналов для релейной аппаратуры АЛСН с привязкой к дате и времени начала записи, а также последующую визуализацию полученных записей для ручного анализа с возможностью проведения спектрального анализа или цифровой фильтрации данных [143, 144]. Программы, правообладателем которых выступает ОАО «РЖД», позволяют решать различные задачи. Так одна из разработок позволяет обеспечить возможность приема, обработки и предварительного анализа принимаемых на борту подвижного состава сигналов АЛС с целью диагностики и выявления первичных причин наблюдаемых и потенциально возможных неисправностей в работе путевых и локомотивных устройств АЛС, а также регистрации всей полученной и сформированной информации в целях ее дальнейшей передачи в центры контроля, обслуживания и ремонта устройств АЛС согласно действующей технологии [145]. Целый ряд программ, например [146], связан с Системой учета и анализа нарушений безопасности движения поездов по результатам автоматической расшифровки кассет регистрации локомотивных устройств (различные очереди внедрения). Эти программы позволяют выявлять среди прочего сбои в работе локомотивных устройств безопасности и путевых устройств АЛС, а также организовать анализ.

В области имитационного моделирования сигналов АЛСН и сигналов в катушках АЛСН Юсуповым Р.Р., Батаевой О.С., Михайленко А.В., и Леушиным В.Б. осуществлена разработка имитационной модели формирователя ЭДС на выходе локомотивных приемных катушек при движении локомотива в

зоне пересечения ЛЭП железнодорожной линии. Результатом работы программы является последовательность отсчетов мгновенных значений ЭДС помехи от линий электропередачи в каждой из приемных катушек в отдельности, а также пары приемных катушек, включенных последовательно и встречно [147].

В области проверки и обслуживания в условиях КП АЛСН специалистами ОАО «РЖД» разработаны следующие программы:

- для обеспечения работоспособности измерительного комплекса для экспресс-контроля параметров приемных катушек АЛСН (возможность формирования тестовых сигналов, их сбор и обработка, вычисление параметров приемных катушек по обработанным сигналам) [148];

- для обеспечения работоспособности стенда для обнаружения низкой помехоустойчивости локомотивной аппаратуры АЛСН (выбор режимов работы стенда, установка параметров сигналов, генерирование сценариев проверки, индикация выбранных параметров) [149];

- для анализа помехоустойчивости локомотивной аппаратуры АЛСН (автоматизированное считывание, регистрация и обработка показаний локомотивного светофора в кабине машиниста с учетом временных задержек, формирование протокола проверки на помехоустойчивость в соответствии с установленными критериями) [150].

Специалистами ООО «Инжиниринг АТ» разработана программа для проверки и прогона комплекта аппаратуры локомотивной сигнализации АЛСН [151], позволяющая осуществлять проверку комплекта аппаратуры в ручном и автоматическом режимах; создание индивидуальных сценариев автоматической проверки для каждого типа аппаратуры; формирование, сохранение и печать протокола.

В области имитационного моделирования приемников сигналов АЛСН специалистами СамГУПС, а также коллективом авторов в составе Юсупова Р.Р., Леушина В.Б., Ширяева Н.С. разработан ряд имитационных моделей приемника сигналов АЛСН и АЛС-ЕН с автоматической регулировкой бланкирования, а также, для приемников АЛСН, компенсацией огибающей сигнала [152-154].

В области имитационного моделирования АЛСН специалистом ДВГУПС Онищенко А.А. разработаны имитационная модель АЛСН, осуществляющая генерацию кодовых комбинаций АЛСН, их передачу к локомотивным устройствам, дешифрацию и выдачу соответствующего показания на локомотивном светофоре, расчет спектральных характеристик сигналов АЛСН и имитационная модель тяговой сети переменного тока 25 кВ и электрического подвижного состава, позволяющая в том числе изучать работу устройств АЛСН при влиянии переходных процессов [155]. Программы для ЭВМ, правообладателем которых является Леушин В.Б. [156-158] позволяют осуществить моделирование каналов связи (рельсовых и индуктивно-рельсовых) при:

- автоматическом регулировании уровня сигнала на входе решающего устройства приемника АЛС при передвижении локомотива вдоль рельсовой линии;

- проследовании подвижной единицы по участку пути, контролируемому тональной рельсовой цепью.

В области моделирования помех авторским коллективом в составе Ахмадуллина Ф.Р., Юсупова Р.Р. и Леушина В.Б. разработана имитационная модель помех в рельсовых и индуктивно-рельсовых линиях от постоянного тягового тока [159], позволяющая исследовать в том числе помехоустойчивость работы приемников сигналов АЛСН и АЛС-ЕН.

В области регистрации сведений о нестабильном приеме сигналов АЛСН в пути следования специалистами ОАО «РЖД» разработаны программа модуля центрального обработчика комплекса БЛОК и программа модуля электронной карты КЛУБ-У [160, 161]. Обе программы направлены на минимизацию количества технологически обоснованных сбоев АЛСН характера «Зеленый – Белый – Зеленый» при эксплуатации локомотивных устройств безопасности путем внесения в бортовые электронные базы данных информации о местах с нестабильным приемом сигналов АЛСН.

Вышеизложенный материал позволяет сформулировать следующие основные направления создания программ для ЭВМ в области повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности:

- широкое распространение получили программы, направленные на имитационное моделирование работы как существующих типов дешифраторов, приемников и комплектов аппаратуры АЛС в целом, так и перспективных дешифраторов и приемников, функционирующих на принципах корреляционного приема, с автоматической регулировкой бланкирования, а также, для приемников АЛСН, с компенсацией огибающей сигнала;

- для находящихся в эксплуатации локомотивных устройств безопасности основным направлением развития является расширение их функциональных возможностей, в том числе по приему сигналов перспективной АЛС-ЕН/2; кроме того, функциональные возможности расширяются за счет внесения в бортовые электронные базы данных информации о местах с нестабильным приемом сигналов АЛСН;

- для контрольных и контрольно-ремонтных пунктов программное обеспечение разрабатывается в основном для нового оборудования с целью обеспечить ее пользователя возможностью формирования различных сценариев проверки и необходимой отчетности; предусматривается также оценка помехоустойчивости работы аппаратуры АЛС по различным критериям и с применением тестовых сигналов;

- незначительное распространение получили программы, направленные на определение величины ЭДС помехи на входе локомотивного приемника при воздействии различных помех; в основном учитываются помехи, связанные с пересечением участка железнодорожного пути линиями электропередач, а также воздействием переходных процессов и тягового тока в рельсовой линии.

Недостатками рассмотренных программных средств являются:

- невозможность учета и интерпретации результатов проверок локомотивных устройств безопасности на КП АЛСН,

- невозможность определения технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности на КП АЛСН, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации.

Следует отметить, что часть рассмотренного программного обеспечения, в частности [141, 151], может быть использовано в качестве основы для последующего создания комплекса технических средств и программных средств для оценки помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности.

С учетом вышеизложенного представляется возможным определить основные положения методики организации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах.

### **1.7 Положения инновационной технологии организации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах**

Для повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности требуется определить перечень соответствующих показателей и их характеристик. В качестве показателей качества выбраны:

- полнота контроля технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности;
- достоверность контроля технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности;
- степень автоматизации контроля технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности.

Полнота контроля характеризуется детерминированным перечнем технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности, контроль которых должен осуществляться в условиях КП АЛСН. В качестве характеристик выбраны:

- фактическое значение порога срабатывания локомотивного приемника по действующему значению тока в линии индуктивной связи (минимальное действующее значение силы тока в линии индуктивной связи, при котором наблюдается устойчивое во времени – без переключения на красный или белый огонь – показание локомотивного светофора при непрерывной трансляции от путевых устройств кодовой комбинации одного вида);

- фактическое значение коэффициента возврата локомотивного приемника по действующему значению тока в линии индуктивной связи;

- фактическое значение коэффициента асимметрии приемных катушек;

- АЧХ локомотивного фильтра;

- фактическое значение характеристики локомотивного дешифратора, обуславливающей принятия им решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора.

Для первых четырех параметров известны соответствующие методы измерений, однако достоверность получаемых с их помощью результатов ставится под сомнение, т. к. для двух различных КП АЛСН не выполняется условие единства измерений. Пятый параметр – фактическое значение характеристики локомотивного дешифратора, обуславливающей принятия им решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора – ранее не определялся. В его отношении требуется разработать методику его определения и решить задачу оценки достоверности получаемых с ее помощью результатов.

Параметры выбраны таким образом, чтобы исключить допуск к эксплуатации комплект локомотивных устройств безопасности с низким уровнем помехоустойчивости, т. е. оборудование, являющееся причиной возникновения т. н. «сбойных локомотивов».

Для обеспечения «достоверности контроля» требуется осуществить анализ и определить характеристики среды, в которой осуществляется контроль. Сравнение фактических характеристик среды, в которой осуществляется контроль, с нормативными показателями позволит сформулировать решение о достоверности полученных результатов, т. е. решить задачу обеспечения единства

измерений. Степень достоверности контроля может быть определена при решении двух взаимосвязанных задач:

- эквивалентирования испытательного оборудования условиям эксплуатации;

- определения влияния линий индуктивной связи, не являющихся испытательными по отношению к рассматриваемому комплекту локомотивных устройств безопасности на работу локомотивного приемника.

Также должна быть решена задача повышения степени автоматизации контроля технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности путем исключения влияния человеческого фактора на ход измерений и получаемые результаты. Для характеристики степени автоматизации контроля введена такая характеристика как отношение числа автоматически выполняемых операций к общему числу выполняемых операций при обслуживании локомотивных устройств безопасности.

Процесс организации технического обслуживания локомотивных устройств безопасности предлагается осуществлять при технических обслуживаниях локомотива (МВПС, ССПС) и должен включать в себя следующие последовательно выполняемые этапы [162-164]:

- сбор сведений о текущем состоянии устройств;
- обработка полученных результатов;
- выполнение последовательности действий по приведению параметров устройств к нормативным значениям (в том числе путем замены или ремонта отдельных блоков);
- контрольная проверка (при наличии замены или регулировки оборудования).

Для реализации указанного технологического процесса должна быть создана система мониторинга выполнения процесса обслуживания основных устройств безопасности (далее – Система). В состав Системы должны быть включены устройства сбора данных – устройства проверки АЛС. Полученные от них сведения о текущем состоянии устройств должны быть обработаны в целях

контроля полноты и правильности действий исполнителей технологического процесса (в т.ч. учета влияния электромагнитной обстановки и индуктивной связи испытательных шлейфов с приемными катушками локомотивов), а также, что не менее важно, для формирования плана осуществления работ по техническому обслуживанию и ремонту. Для обработки данных возможно использовать существующую Автоматизированную систему управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) [165]. Она нашла широкое применение в структурных подразделениях и их предприятиях подчинения Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиале ОАО «РЖД» (ЦТР). Обработка данных с помощью АСУ ЦОУБ позволит ввести барьерные функции, направленные на исключение возможности выпуска локомотивов с неисправной аппаратурой.

В такой технико-эксплуатационной характеристике как «фактическое значение характеристики локомотивного дешифратора, обуславливающей принятия им решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора», следует учитывать, что она характеризует помехоустойчивость работы дешифратора. Согласно [166] помехоустойчивостью следует считать «способность технического средства сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров». В отношении локомотивного дешифратора (или комплекта локомотивных устройств безопасности в целом) практически применимые критерии оценки помехоустойчивости отсутствуют, таким образом необходимо осуществить их разработку.

## **1.8 Выводы по главе**

В результате проведенного анализа получены следующие основные результаты:

1 Анализ статистических данных показал высокий уровень неустановления причин случаев нарушений и сбоев в работе основных устройств безопасности

(44,41 % в отношении автостопных торможений и 46,85 % в отношении нарушений или отсутствий периодической проверки бдительности за 2021 год).

2 В качестве основного направления снижения числа сбоев в работе локомотивных устройств безопасности выбрано повышение качества их технического обслуживания, которое следует рассматривать в рамках двух взаимосвязанных направлений:

- создание и применение технических средств и соответствующих им методик, обеспечивающих получение полной и достоверной информации о текущем техническом состоянии локомотивных устройств безопасности для исключения нахождения в эксплуатации оборудования с низким уровнем помехоустойчивости вследствие отклонения его параметров от нормативных значений;

- использование полной и достоверной информации о техническом состоянии локомотивных устройств безопасности для обеспечения качественного расследования случаев сбоев или нарушений в их работе.

3 Технические решения в области повышения помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности направлены на анализ влияния различных электромагнитных помех, характерных для канала индуктивной связи «путь – локомотив»; на изменение алгоритма работы дешифратора, блокирование передачи смеси сигнала и помехи на вход локомотивного приемника на время действия помехи значительного уровня или применение еще одного канала связи.

4 Применяемые в настоящее время технические средства и реализуемые с их помощью методики и технологические алгоритмы не позволяют осуществлять определение технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора в различных условиях эксплуатации.

5 К основным тенденциям развития технических средств для проверки локомотивных устройств безопасности следует относить снижение влияния человеческого фактора на результаты проводимых проверок и измерений, а также учет действия различных электромагнитных помех на работу бортового

оборудования. В литературе на момент начала исследования отсутствовали сведения о методах оценки помехоустойчивости работы основных устройств безопасности.

6 Разработанное ранее программное обеспечение в области локомотивных устройств безопасности не позволяет осуществлять оценку помехоустойчивости их работы, оценку качества и полноты их технического обслуживания и ремонта. Отсутствуют программные средства автоматической обработки информации о текущем техническом состоянии локомотивного оборудования для расследования причин нарушений и сбоев в его работе.

7 В условиях контрольных пунктов для определения технико-эксплуатационных характеристик каждого из блоков локомотивных устройств безопасности необходимо разработать соответствующую систему тестовых воздействий. Необходимо разработать математические модели для оценки влияния параметров испытательного оборудования и электромагнитной обстановки в местах его размещения на получаемые результаты определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности. При разработке следует стремиться к увеличению доли операций, выполняемых автоматически.

С учетом вышеизложенного, далее необходимо подробно рассмотреть особенности применяемого на КП АЛСН канала индуктивной связи.

## Глава 2. Математические модели канала индуктивной связи контрольного пункта

### 2.1 Постановка задачи

В отношении определения технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности как и любых других измерений возникает необходимость обеспечения их единства относительно условий эксплуатации. В связи с этим при анализе канала индуктивной связи контрольного пункта следует оценить влияние геометрических параметров применяемых линий индуктивной связи – испытательных шлейфов, – а также положения приемных катушек вдоль них на получаемые результаты. Это позволит сформулировать требования к линиям индуктивной связи, применяемым при проведении испытаний локомотивных устройств безопасности на помехоустойчивость, а также к условиям их эксплуатации.

Моделирование индуктивной связи часто применяется при решении задач электромагнитной совместимости локомотивных устройств безопасности и различных источников электромагнитных помехи, а также для описания передачи сигналов из рельсовой линии на железнодорожный подвижной состав. В [167, 168] линии индуктивной связи рассматривались как линии-модуляторы (М-линии). Для описания индуктивной связи с ними приемных катушек, размещенных на железнодорожном подвижном составе, введены квадратурные и синфазные модулирующие функции. Хотя такие функции и позволяют осуществить анализ влияния параметров испытательных шлейфов и геометрических размеров витков приемных катушек на величину наводимых в них ЭДС, они не позволяют непосредственно дать оценку соответствия параметров электромагнитного поля, формируемого шлейфом заданной конфигурации, условиям эксплуатации локомотивных устройств безопасности.

В [169] предложены расчетные формулы для оценки величины ЭДС, наведенной в приемной катушке при заданном ее геометрическом положении

относительно ходового рельса. Анализ формулы позволяет утверждать, что расчет может быть осуществлен при допущении, что рельсовая нить или имитирующий ее шлейф представляет собой бесконечно длинный тонкий проводник с током. Такая формула не учитывает возможность выполнения шлейфа со скрещиваниями или в виде короткой рамки, что не позволяет использовать предложенную формулу для целей проводимого анализа.

Предложенные в [45, 170] модели для определения величины ЭДС, наводимых в приемных катушках от различных источников, содержат коэффициенты магнитной связи приемных катушек с этими источниками. Численные значения используемых коэффициентов приводятся авторами с учетом симметрии геометрических параметров размещения приемных катушек на железнодорожном подвижном составе, а также для условий отсутствия галопирования и «боковой качки» кузова подвижного состава. Поэтому данные модели не могут быть использованы при анализе индуктивной связи испытательных шлейфов заданной конфигурации и приемных катушек.

Предложенные в [171, 172] расчетные выражения хотя и дают достаточно точные результаты, но сформулированы с тем же приближением, что и в [169], что не позволяет использовать данные расчетные выражения для решения поставленных задач.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что **отсутствуют** математические модели, которые позволяли бы оценить влияние геометрических параметров используемого испытательного шлейфа при заданном положении приемной катушки вдоль него на определение уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности. Кроме того, отсутствуют расчетные выражения для оценки влияния смежных путей, по которым может быть осуществлен пропуск электрического железнодорожного подвижного состава, на результаты определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности.

Об особенностях индуктивной связи приемных катушек с источниками сигналов и помех в открытых источниках имеются следующие сведения. В [173]

приводятся результаты экспериментальной оценки влияния геометрического положения приемной катушки на величину наведенной в ней ЭДС. Позднее [174] данные результаты были обобщены. При этом изложенные в работах результаты не позволяют судить о степени влияния токов, протекающих в рельсах, на уровень помех на входе локомотивного приемника.

Следует отметить, что в открытых источниках отсутствует описание моделей, описывающих влияние индуктивной связи между шлейфами и рельсовыми нитями на результаты измерений, получаемых на испытательных участках. Отсутствуют материалы, позволяющие дать оценку влияния искажений кодовых комбинаций на работу локомотивных дешифраторов.

С учетом вышеизложенного требуется разработать новые математические модели:

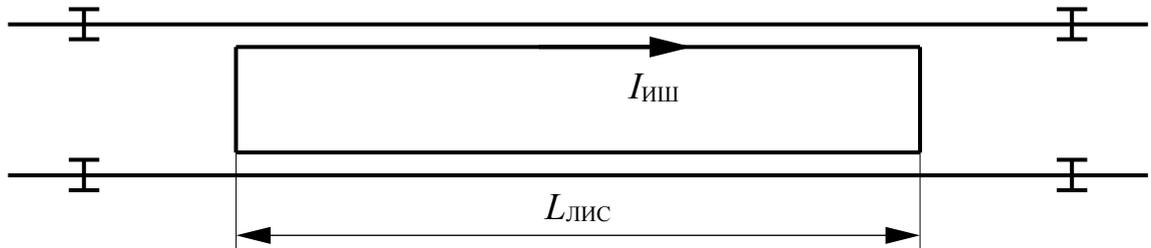
- модель индуктивной связи «испытательный шлейф – приемная катушка»;
- модель для описания влияния токов в рельсовых нитях смежных путей на работу локомотивного приемника;
- модель расчета токов в рельсовых нитях под приемными катушками в границах испытательного участка.

Также требуется определить особенности работы дешифрирующего устройства локомотивных устройств безопасности при наличии на его входе различных помех, приводящих к искажению длительностей импульсов и пауз в кодовых комбинациях и изменению числа импульсов и пауз в кодовых комбинациях. Данную задачу целесообразно решать на примере локомотивного дешифратора числового кода типа ДКСВ, так как алгоритм его работы достаточно подробно описан в литературе.

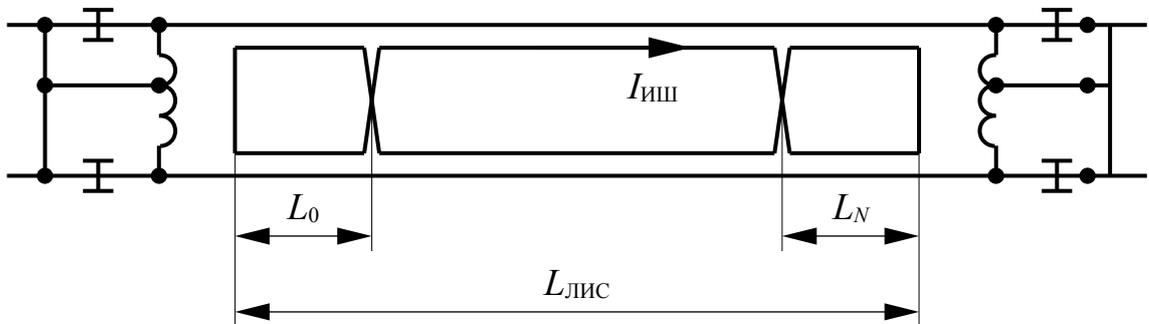
## **2.2 Математическая модель индуктивной связи «испытательный шлейф – приемная катушка»**

Рассмотрим особенности конфигураций испытательных шлейфов, используемых в настоящее время на контрольных пунктах. Согласно [55]

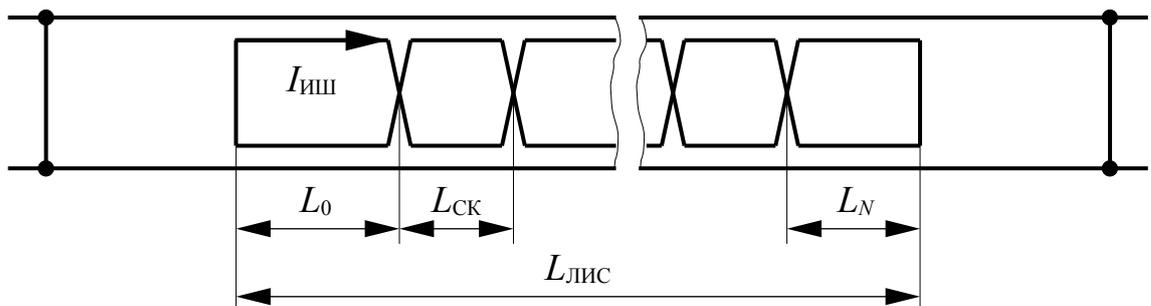
возможны следующие варианты выполнения испытательного шлейфа (рисунок 2.1 «а», «б»). Первый соответствует испытательным участкам для обслуживания локомотивных устройств безопасности тепловозов и дизель-поездов. Второй – для обслуживания электровозов и электропоездов.



а) выполнение испытательного шлейфа при автономной тяге (ИШ-74)



б) выполнение испытательного шлейфа при электрической тяге (ИШ-74)



в) выполнение испытательного шлейфа со скрещиваниями (36090-00-00 МУ)

Рисунок 2.1 – Варианты выполнения испытательных шлейфов на контрольных пунктах

Длина линии индуктивной связи  $L_{\text{лис}}$ , образованной испытательным шлейфом, при автономной тяге принимается равной наибольшей длине локомотива или моторвагонного подвижного состава (по осям автосцепок),

обслуживаемого на участке, плюс не менее двух метров. Длина испытательного участка (между местами установки изолирующих стыков) принимается равной наибольшей длине локомотива или моторвагонного подвижного состава плюс четыре метра.

При электрической тяге размер ( $L_{\text{лис}} - L_0 - L_N$ ) принимается равным наибольшей длине локомотива или моторвагонного подвижного состава (по осям автосцепок), обслуживаемого на участке, плюс четыре метра. Длина  $L_{\text{лис}}$ , а также петель  $L_0$  и  $L_N$  не нормируются. Длину испытательного участка принимают равной наибольшей длине локомотива или моторвагонного подвижного состава (по осям автосцепок), обслуживаемого на участке, плюс восемь метров.

Для [57] характерным является использование скрещиваний (рисунок 2.1 «в»). Длина линии индуктивной связи  $L_{\text{лис}}$  принимается равной наибольшей длине локомотива или моторвагонного подвижного состава (по осям автосцепок) плюс один-два метра. Допускается выделять испытательный участок при автономной тяге изолирующими стыками. Крайнее скрещивание при этом осуществляют на расстоянии 7-9 м от изолирующих стыков. Длины петель  $L_0$  и  $L_N$  фактически не нормируются. Расстояние между соседними скрещиваниями  $L_{\text{ск}}$  определяется серией локомотива или моторвагонного подвижного состава по таблице 2 приложения 3 [57].

Ввиду неопределенности, связанной с особенностями требований к испытательным шлейфам, изложенным в руководствах по эксплуатации основных устройств безопасности [58], в условиях контрольных пунктов возникли иные, отличные от приведенных на рисунке 2.1 варианты выполнения испытательного шлейфа. Так если в [55] допускалось размещать на одном испытательном участке один локомотив, то на практике на одном шлейфе могло размещаться два или три многосекционных локомотива. Для электрифицированных участков шлейфы выполнялись без скрещиваний, без выделения испытательного участка с использованием изолирующих стыков. Первое связано с высокой стоимостью провода или кабеля такой длины (если испытательный участок расположен на смотровой канаве – в два раза, в остальных случаях – в полтора раза). Второе

связано с технологическими сложностями (изолирующие стыки устанавливаются и обслуживаются по наряд-заказам другими подразделениями ОАО «РЖД»).

Условия применения и требования к переносным испытательным шлейфам в сущности не нормированы [60, 61]. К выделению испытательного участка, на котором применяют только переносные испытательные шлейфы, не установлены. Все это приводит к отсутствию однозначной интерпретации результатов, получаемых на испытательных участках. Кроме того, данный факт делает невозможным осуществление определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности.

С учетом этого необходимо определить влияние варианта выполнения испытательного шлейфа и положения относительно него приемных катушек на измерение чувствительности и коэффициента возврата локомотивного приемника.

Вначале рассмотрим испытательные шлейфы, выполненные в виде рамки с длиной  $L_{\text{лис}}$  без скрещиваний. Модель будет содержать два физических элемента: приемную катушку и испытательный шлейф, выполненный в виде прямоугольной рамки с числом витков  $N_{\text{в}}$  одинаковой длины  $L_{\text{лис}}$  без скрещивания. Рассмотрение в рамках модели только одной приемной катушки позволит исключить влияние асимметрии приемных катушек (их собственных параметров и геометрического положения относительно ходовых рельсов) на получаемые результаты и значительно упростит последующие расчеты. Влияние участков испытательного шлейфа, перпендикулярных рельсам, не рассматриваются, т. к. коэффициент магнитной связи приемных катушек с ними можно считать равным нулю – угол между вектором магнитной индукции и нормалью сечения сердечника приемной практически равен 90 градусам.

Параметрами разрабатываемой модели являются:

- число  $N_{\text{в}}$  витков испытательного шлейфа;
- длина  $L_{\text{лис}}$  рамки испытательного шлейфа (линии индуктивной связи) под рассматриваемой приемной катушкой;
- ордината  $L_{\text{к}}$  размещения приемной катушки вдоль испытательного шлейфа (отсчитывается от левой границы испытательного шлейфа);



Для построения модели воспользуемся законом Био-Савара-Лапласа. При этом источник сигнала – отдельный виток испытательного шлейфа – будем представлять в виде прямолинейного тонкого проводника с током [175]. Выражение, описывающее величину ЭДС, наводимую в катушке с площадью сечения  $S_k$ , количеством витков  $N_k$ , сердечником, магнитная постоянная которого равна  $\mu_k$ , от  $N_B$  соосных прямолинейных проводников с током  $I$ , длиной  $L_{лис}$ , ось которых отстоит от центра сердечника катушки на расстояние  $h$  имеет вид (2.1):

$$E(h, \alpha_1, \alpha_2, k, I) = -\frac{\mu_k \mu_0 N_k S_k N_B}{4\pi} \cdot \frac{1}{h} \cdot (\cos(\alpha_1) - \cos(\alpha_2)) \cdot \frac{dI}{dt} . \quad (2.1)$$

С учетом влияния участка шлейфа, проложенного вдоль второй рельсовой нити (расстояние между осями рельсовых нитей одного железнодорожного пути равно 1,6 м), выражение, описывающее величину ЭДС, примет вид (2.2):

$$E(h, \alpha_1, \alpha_2, k, I, N_B) = -\frac{\mu_k \mu_0 N_k S_k N_B}{4\pi} \cdot \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{\sqrt{h^2 + 1,6^2}} \right) \cdot (\cos(\alpha_1) - \cos(\alpha_2)) \cdot \frac{dI}{dt} . \quad (2.2)$$

Отметим, что для бесконечно длинного проводника разность косинусов в выражении (2.1) равняется двум. При использовании выражения (2.1) следует учитывать, что  $h$  включает в себя высоту  $h_{лк}$  центра сердечника приемной катушки относительно уровня головки рельсов и высоту  $h_{иш}$  подвеса испытательного шлейфа относительно уровня головки рельсов (2.3):

$$h = h_{лк} + h_{иш} . \quad (2.3)$$

Высота подвеса  $h_{иш}$  испытательного шлейфа относительно УГР может быть определена согласно нормативным документам [59] или руководствам по эксплуатации соответствующих переносных устройств проверки автоматической локомотивной сигнализации. Высота  $h_{лк}$  центра сердечника приемной катушки относительно УГР может быть определена согласно соответствующих

нормативных документов, в частности [54]. Для оценки соответствия электромагнитного поля линии индуктивной связи (ЛИС), применяемой в качестве испытательной, электромагнитному полю, формируемому при наихудших условиях – минимально допустимом токе в рельсовых нитях (до опубликования Приказа Минтранса России от 04.07.2019 N 218 – ЦТ-ЦШ-857, в настоящее время – ТНК ЦШ 0189 «Измерение кодового тока АЛС») – в условиях эксплуатации впервые был введен коэффициент эффективности испытательного шлейфа  $K_{\text{Э}}$ , равный отношению ЭДС, наводимой в приемной катушке от тока (нормативной величины) в ЛИС с заданной конфигурацией, к ЭДС, которая может быть наведена от тока (нормативной величины) в рельсовой линии.

Обоснование данного положения могло бы содержаться, например, в нормативной документации на приемные катушки [54] в описании условий, при которых должны наводиться минимальные величины ЭДС от указанных токов в рельсовой цепи или шлейфе. Однако, ввиду отсутствия в нормативных документах подробностей, авторами в качестве «эталона» взята максимальная из возможных величин ЭДС, наводимой в приемной катушке при различных длине испытательного шлейфа (или в условиях эксплуатации – рельсовой нити) и радиусе кривой пути.

Выражение, описывающее коэффициент эффективности с учетом выражений (2.2) и (2.3) после определения величин косинусов  $\cos \alpha_1$  и  $\cos \alpha_2$  с учетом рисунка 2.2 и формул приведения имеет вид (2.4):

$$K_{\text{Э}}(h_{\text{ЛК}}, h_{\text{ИШ}}, L_{\text{К}}, L_{\text{ЛИС}}, N_{\text{В}}) = \frac{N_{\text{В}}}{2} \cdot \left( \frac{L_{\text{К}}}{\sqrt{L_{\text{К}}^2 + (h_{\text{ЛК}} + h_{\text{ИШ}})^2}} + \frac{L_{\text{ЛИС}} - L_{\text{К}}}{\sqrt{(L_{\text{ЛИС}} - L_{\text{К}})^2 + (h_{\text{ЛК}} + h_{\text{ИШ}})^2}} \right) \cdot (2.4)$$

Таким образом все параметры сигнального тока и собственные параметры локомотивных катушек сокращаются. Полученное выражение (2.4) не зависит в том числе и от параметров тестовых воздействий (частоты, действующего значения тока).

Отметим, что номинальное значение коэффициента эффективности испытательного шлейфа равно 1,0. Таким образом величина ЭДС, наводимая в приемной катушке, соответствует аналогичной величине, наводимой от бесконечно длинной прямолинейной рельсовой нити. При коэффициенте эффективности более 1,0 будут создаваться более благоприятные условия для проведения проверок оборудования основных устройств безопасности, нежели существующие условия эксплуатации. Уменьшение коэффициента эффективности будет приводить к тому, что при номинальной силе тока в испытательном шлейфе будет невозможно оценить технико-эксплуатационные характеристики основных устройств безопасности. При синтезе конструкции испытательных шлейфов без скрещиваний, в первую очередь переносных, необходимо задаться уровнем точности результатов, получаемых с его помощью. Точность должна быть достаточной для осуществления измерений технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности, в первую очередь чувствительности локомотивного приемника по действующему значению силы тока заданной частоты в рельсовой нити (испытательном шлейфе), и последующей правильной интерпретации полученных результатов. Рекомендуемый диапазон коэффициента эффективности испытательного шлейфа для измерения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности должен составлять 0,99 – 1,00. В соответствии с этим величина ЭДС, наводимая в приемной катушке от испытательного шлейфа на прямом участке пути будет отличаться от величины ЭДС, наведенной от прямолинейной рельсовой нити бесконечной длины – наилучшие условия эксплуатации – не более чем на 1,0 %. Такой уровень принят для того, чтобы геометрические параметры испытательного шлейфа не оказывали влияния на результаты измерений с использованием типового оборудования, в частности измерителя параметров локомотивных катушек типа ИП-ЛК, обеспечивающего точность измерений напряжения на выводах приемных катушек 6 %. Соответствующие материалы исследований были опубликованы в [176].

Далее по аналогии разработана модель, направленная на изучение влияния параметров испытательных шлейфов со скрещиваниями и геометрического положения относительно них приемных катушек испытуемой единицы тягового железнодорожного подвижного состава. Модель характеризует индуктивную связь между приемной катушкой и испытательным шлейфом.

Параметрами модели являются:

- количество скрещиваний испытательного шлейфа  $N$  (при равенстве параметра нулю считаем, что испытательный шлейф выполнен в виде одной рамки, аналогично вышеприведенному);
- длина линии индуктивной связи испытательного шлейфа  $L_{лис}$ ;
- расстояние между левой границей испытательного шлейфа и первым скрещиванием  $L_0$ ;
- расстояние между правой границей испытательного шлейфа и последним скрещиванием  $L_N$ ;
- расстояние между соседними скрещиваниями испытательного шлейфа  $L_s$ , где  $s$  – натуральное число в диапазоне от 1 до  $N - 1$  (полагаем, что данные расстояния различаются, что и имеет место на практике);
- номер скрещивания  $K$ , за которым располагается приемная катушка (отсчет осуществляется от левой границы испытательного шлейфа);
- расстояние  $L_K$  от скрещивания  $K$  до приемной катушки;
- высота расположения испытательного шлейфа относительно уровня головки рельса  $h_{лк}$ ;
- высота  $h_{r,k}$  подвеса приемной катушки  $k$  относительно уровня головки рельса  $r$  (расстояние до центра сердечника приемной катушки  $k$ );
- геометрические размеры (высота, ширина, длина сердечника, площадь сечения одного витка  $S_k$ ), материал сердечника (магнитная проницаемость материала сердечника  $\mu_k$ ) приемной катушки  $k$ ;
- количество витков обмотки приемной катушки  $N_k$ .

Для понимания приведена схематическая иллюстрация, на которой показаны геометрические параметры испытательного шлейфа (рисунок 2.3) и его

взаимное положение относительно участков испытательного шлейфа (рисунок 2.4).

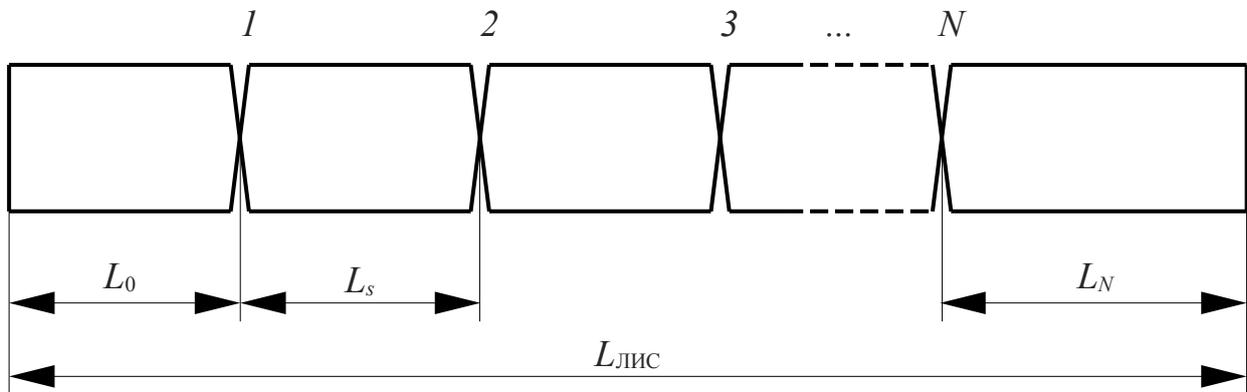


Рисунок 2.3 – Графическое представление геометрических параметров испытательного шлейфа со скрежживаниями

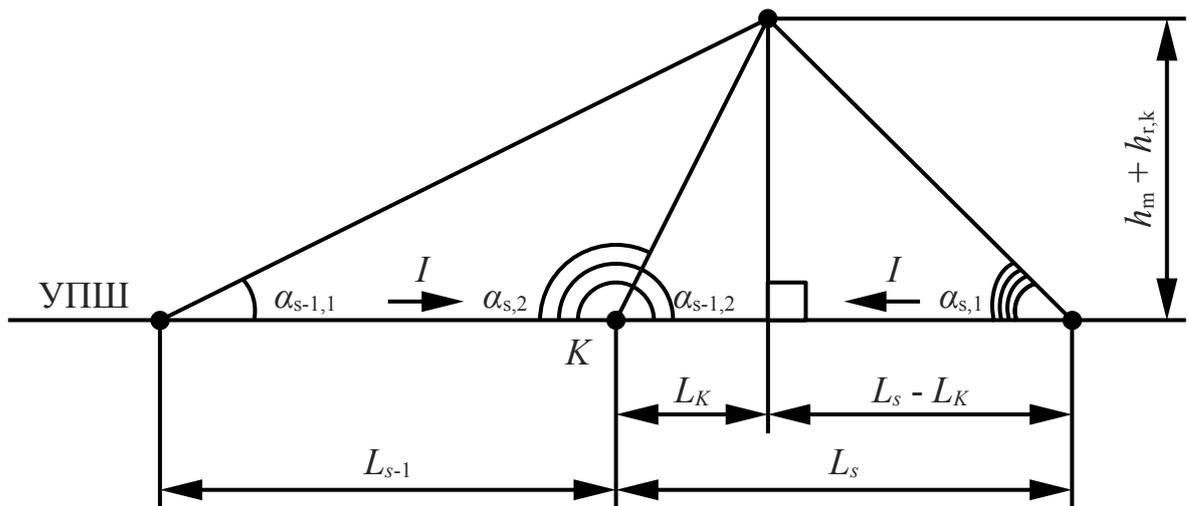


Рисунок 2.4 – Графическое представление взаимного расположения приемной катушки относительно участка испытательного шлейфа со скрежживаниями

Модель испытательного шлейфа со скрежживаниями строится исходя из следующих допущений:

1) высота подвеса испытательного шлейфа  $h_{иш}$  для каждого из ходовых рельсов одной железнодорожной колеи одинакова; высота подвеса приемных катушек  $h_{r,k}$  относительно испытательного шлейфа одинакова;

2) величина ЭДС, наводимой в рассматриваемой приемной катушке от участка испытательного шлейфа, закрепленного на другом ходовом рельсе, равна

величине ЭДС, наведенной от рассматриваемого участка испытательного шлейфа в другой приемной катушке (следствие из первого положения) и потому за счет встречного последовательного включения приемных катушек между собой может не рассматриваться.

Идеальными условиями, обеспечивающими максимальную величину ЭДС, наводимую в приемной катушке, аналогично вышеизложенному будем считать ситуацию, когда приемная катушка закреплена над бесконечно длинным прямым тонким проводником с током. Параметр  $A_{r,k}$  введен в формулу (2.1) для учета влияния смещения центра сердечника приемной катушки относительно вертикальной оси ходового рельса и показывает расстояние между центром сердечника приемной катушки и центром силовых магнитных линий испытательного шлейфа, проложенного под данной катушкой. Параметр  $\cos(\alpha_{r,k})$  указывает на угол между вектором магнитной индукции в центре сердечника и нормалью витка приемной катушки. Для учета направления тока в участках шлейфа между скрещивающимися введем в формулу (2.1) коэффициент  $k_s$ , который будем считать равным 1, если ток протекает слева направо (рисунок 2.3) и  $-1$ , если ток протекает в обратном направлении.

Следует отметить, что величина ЭДС, наводимая в приемной катушке, в соответствии с принципом суперпозиции равна сумме ЭДС от каждого из проводников, следовательно ЭДС  $E^R$  может быть получена по формуле (2.5):

$$E_{s,k}^R = -\frac{\mu_k \mu_0 N_k S_k \cos(\alpha_{r,k})}{4\pi A_{r,k}} \cdot \frac{dI}{dt} \cdot \sum_{s=0}^N -k_s (\cos(\alpha_{s,1}) - \cos(\alpha_{s,2})) . \quad (2.5)$$

Формула для расчета коэффициента эффективности с учетом формулы (2.5) примет вид (2.6):

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=0}^N -k_s \cdot (\cos(\alpha_{s,1}) - \cos(\alpha_{s,2})) . \quad (2.6)$$

Далее следует определить величины косинусов  $\alpha_{s,1}$  и  $\alpha_{s,2}$ . Рассмотрим

два случая: связь катушки с участком испытательного шлейфа, над которым она расположена и связь катушки с участком шлейфа, над которым она не расположена (рисунок 2.4).

На основании вышеизложенного формулы для косинусов углов  $\cos \alpha_{s,1}$  и  $\cos \alpha_{s,2}$  можно записать в общем виде (2.7) и (2.8):

$$\cos(\alpha_{s,1}) = \begin{cases} \frac{L_K + \sum_{i=s}^{K-1} L_i}{\sqrt{\left(L_K + \sum_{i=s}^{K-1} L_i\right)^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s < K; \\ \frac{L_K}{\sqrt{L_K^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s = K; \\ \frac{-L_K + \sum_{i=K}^{s-1} L_i}{\sqrt{\left(-L_K + \sum_{i=K}^{s-1} L_i\right)^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s > K; \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\cos(\alpha_{s,2}) = \begin{cases} \frac{L_K + \sum_{i=s+1}^{K-1} L_i}{\sqrt{\left(L_K + \sum_{i=s+1}^{K-1} L_i\right)^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s < (K-1); \\ \frac{L_K}{\sqrt{L_K^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s = (K-1); \\ \frac{-L_K + \sum_{i=K}^s L_i}{\sqrt{\left(-L_K + \sum_{i=K}^s L_i\right)^2 + (h_{ИШ} + h_{r,k})^2}}, & \text{если } s > (K-1). \end{cases} \quad (2.8)$$

Объединяя формулы (2.6) – (2.8) в систему уравнений можно считать формирование модели, описывающей особенности индуктивной связи испытательного шлейфа со скрещиваниями с приемной катушкой основных устройств безопасности, завершенным.

Соответствующие материалы исследований были опубликованы в [177].

### **2.3 Математическая модель для описания влияния токов в рельсовых нитях смежных путей на работу локомотивного приемника**

На работу испытательного оборудования и получаемые с его помощью результаты могут оказывать влияние различные факторы. Основным является электромагнитная обстановка в местах размещения испытательных участков. Существенное влияние на электромагнитную обстановку оказывает работающее силовое оборудование и тяговые токи в рельсовых нитях.

Следует отметить, что на испытательных участках электрифицированных линий определение характеристик основных устройств безопасности осуществляется при опущенном токоприемнике, а питание бортового оборудования осуществляется от аккумуляторной батареи. Таким образом тяговый ток обычно не протекает по рельсовым нитям испытательного участка, на котором находится испытуемый локомотив. Однако испытательные участки чаще всего располагаются группами на нескольких смежных путях, что приводит к случаям, когда при проведении проверок основных устройств безопасности одного локомотива по смежным путям осуществляется пропуск другого локомотива с поднятым токоприемником. Вследствие влияния тяговых токов, протекающих в рельсовых нитях смежного пути, результаты, получаемые на испытательных участках, могут искажаться. С учетом этого требуется оценить влияние тяговых токов в рельсовых нитях смежных путей на работу локомотивного приемника.

Для учета влияния электромагнитной обстановки, характерной для мест размещения линий индуктивной связи контрольных пунктов, на результаты измерений характеристик основных устройств безопасности, впервые рассмотрены такие источники помехи как тяговые токи в рельсовых нитях смежных путей. Впервые введен коэффициент действия помехи  $K_{дп}$ , определяющий долю нескомпенсированной помехи, поступающей на вход локомотивного приемника от различных источников, оказывающих влияние на работу канала индуктивной связи контрольных пунктов.

Коэффициент действия помехи включает в себя известный коэффициент асимметрии токов в рельсовой линии  $K_{AC}$  или коэффициент асимметрии ЭДС, наведенных в приемных катушках от токов в рельсовых нитях [174], но при этом учитывает влияние и иных источников сигналов и помех, приводящих к наличию асимметрии в канале индуктивной связи. Достоинством введенного коэффициента действия помехи следует считать учет как уже известных асимметрии тяговых токов в рельсовых нитях и асимметрии геометрического положения приемных катушек относительно соответствующих ходовых рельсов, – так и учет действия иных возможных источников помех. В общем виде коэффициент действия помехи, определяющий долю помехи, поступающей на вход локомотивного приемника, можно записать в виде (2.9):

$$K_{ДП} = \frac{\sum_{s=1}^S \sum_{1 < k:2 \leq K} |E_{k-1,s} - E_{k,s}|}{\sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K E_{k,s}}, \quad (2.9)$$

где  $S$  – общее число рассматриваемых источников помехи;  $K$  – общее количество приемных катушек (является четным числом;  $K:2$ );  $E_{k,s}$  – ЭДС, наведенная от источника помехи  $s$  в приемной катушке  $k$ .

Приемные катушки с нечетными индексами располагаются над первым ходовым рельсом, приемные катушки с четными индексами ( $k:2$ ) располагаются над вторым ходовым рельсом. Для удобства будем далее полагать, что первый ходовой рельс расположен слева по отношению ко второму ходовому рельсу.

Далее требуется определить величины  $E_{k,s}$ , входящие в формулу (2.9).

В модели, описывающей влияние тяговых токов в рельсовых нитях смежных путей на определение уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности, будут присутствовать следующие элементы:

- первая и вторая рельсовые нити первого железнодорожного пути;
- первая и вторая рельсовые нити второго железнодорожного пути;

- первая приемная катушка, размещенная над первой рельсовой нитью первого железнодорожного пути;

- вторая приемная катушка, размещенная над второй рельсовой нитью первого железнодорожного пути.

Будем полагать, что первая рельсовая нить любого пути расположена слева от второй нити соответствующего пути, а нумерация путей идет слева направо.

В модели присутствуют следующие параметры:

- номер пути  $p$ , над которым расположены рассматриваемые приемные катушки;

- номер  $r$  рассматриваемого рельса;

- номер  $m$  рассматриваемого пути;

- номер  $k$  рассматриваемой приемной катушки;

- количество  $R$  рельсовых нитей пути  $m$  (может быть не равно двум в случаях, когда в колее размещены рельсы, например, для будущей их установки, при наличии испытательного шлейфа и т. п.);

- количество  $M$  путей на многопутном участке железной дороги;

- количество  $K$  рассматриваемых приемных катушек (как правило равно двум);

- высота  $h_{\text{ЛК}}$  подвеса первой приемной катушки относительно уровня головки первого ходового рельса пути  $p$  (по уровню размещения центра сердечника приемной катушки относительно уровня головки первого ходового рельса);

- разность высот  $\Delta h$  подвеса первой и второй приемных катушек;

- смещение  $l_{k,r}$  центра приемной катушки  $k$  относительно оси ходового рельса  $r$ ;

- сумма  $I_m$  тяговых токов (амплитудных значений), протекающих в рельсовых нитях железнодорожного пути  $m$ ;

- коэффициент асимметрии  $K_m^{\text{AC}}$  тяговых токов в рельсовых нитях железнодорожного пути  $m$ ;

- тип рельса (P50, P65, P75 и др.);

- направления тяговых токов рельсовых нитях первого и второго пути;
- разность высот  $h_{m,r}^e$  уровней головок рельсов первой рельсовой нити первого пути и рельсовой нити  $r$  пути  $m$ ;
- расстояние  $l_{m,r}^l$  между осями первой рельсовой нити первого пути и рельсовой нити  $r$  пути  $m$ ;
- площадь сечения рамки, образованной одним витком  $k$ -ой приемной катушки  $S_k$ ;
- магнитная проницаемость материала сердечника  $k$ -ой приемной катушки  $\mu_k$ ;
- число витков  $k$ -ой приемной катушки  $N_k$ .

При построении модели воспользуемся следующими допущениями:

- рельсовые нити будем считать тонкими бесконечно длинными прямолинейными проводниками с током;
- тонкие бесконечно длинные прямолинейные проводники с током будем располагать на расстоянии  $h_{\text{иш}}$  ниже уровня их головок, что соответствует центрам силовых магнитных линий рельсовых нитей;
- несущественные параметры приемных катушек будем считать одинаковыми для первой и второй приемных катушек.

Параметр  $l_{p,r}$  будем считать положительным при смещении центра сердечника приемной катушки от оси соответствующего ходового рельса вправо, отрицательным – при смещении в противоположную сторону. Параметр  $h_{m,r}^e$  будем принимать положительным в случаях, когда уровень головки рельса рельсовой нити  $r$  пути  $m$  будут выше, чем уровень головки рельса первой рельсовой нити первого пути и отрицательным в противоположном случае. Параметр  $K_m^{\text{AC}}$  будем считать положительным, если ток в рельсовой нити  $r$  пути  $m$  больше, чем ток в 1-ой рельсовой нити данного пути и отрицательным в обратном случае.

Взаимное расположение элементов модели для случая двухпутного участка железной дороги и  $p = 1$  приведено на рисунке 2.5.

На рисунке 2.5 приведены следующие сокращения:

УПК1 – уровень подвеса первой приемной катушки;

УПК2 – уровень подвеса второй приемной катушки;

УГР1 – уровень головки рельса первой рельсовой нити первого пути;

УГР2 – уровень головки рельса второй рельсовой нити первого пути;

УГР3 – уровень головки рельса первой рельсовой нити второго пути;

УГР4 – уровень головки рельса второй рельсовой нити второго пути.

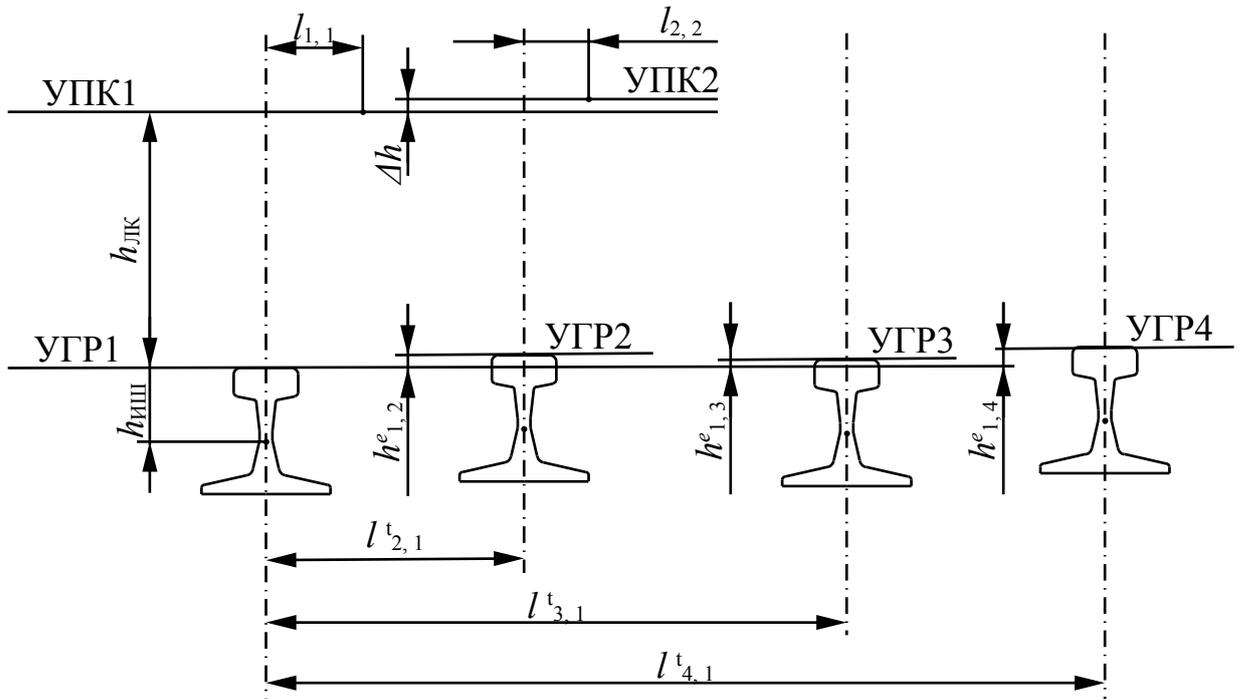


Рисунок 2.5 – Взаимное расположение элементов модели

Центры силовых магнитных линий рельсовых нитей обозначены точками. С учетом формулы (2.1) выражение, описывающее амплитудное значение ЭДС, наведенное от тока в рельсовой нити  $r$  пути  $m$  в приемной катушке  $k$ , имеет вид (2.10):

$$E_{m,r,k}^{MAX} = -\omega \cdot \frac{\mu_0 \mu_k n_k S_k \cos \alpha_{m,r,k}}{2\pi A_{m,r,k}} \cdot I_{m,r}^{MAX}, \quad (2.10)$$

где  $\cos \alpha_{m,r,k}$  – косинус угла между нормалью рамки, образованной одним витком приемной катушки и вектором индукции магнитного поля,

$A_{m,r,k}$  – расстояние от проводника с током, соответствующего рельсовой нити  $r$  пути  $m$  до центра сердечника приемной катушки  $k$ .

Далее перейдем к действующим значениям силы тока в рельсовых нитях. При этом для необходимости учета направления тока в рельсовой нити введем коэффициент  $k_{m,r}$ , который принимает значение, равное 1, если ток в рельсовой нити  $r$  пути  $m$  направлен от наблюдателя и -1, если ток направлен к наблюдателю. С учетом вышеизложенного коэффициент действия помехи может быть определен по выражению (2.11):

$$K_{\text{ДП}} = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R I_{m,r} \cdot \left[ \frac{k_{m,r} \cos \alpha_{m,r,1}}{A_{m,r,1}} - \frac{k_{m,r} \cos \alpha_{m,r,2}}{A_{m,r,2}} \right]}{\sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \frac{I_{m,r} k_{m,r} \cos \alpha_{m,r,k}}{A_{m,r,k}}} . \quad (2.11)$$

Угол  $\alpha_{m,r,k}$  может принимать два значения:  $\alpha_{m,r,k}$  и  $\alpha'_{m,r,k}$  – в зависимости от направления и тока в рельсовой нити. В соответствии с формулами приведения  $\cos \alpha_{m,r,k} = -\cos \alpha'_{m,r,k}$ . Отметим, что введенный ранее  $k_{m,r}$  позволяет учесть такое изменение знака.

Далее необходимо определить  $\cos \alpha_{m,r,k}$  и  $A_{m,r,k}$  при помощи выражений (2.12) и (2.13):

$$\cos \alpha_{m,r,k} = \frac{h_{m,r,k}}{A_{m,r,k}} , \quad (2.12)$$

$$A_{m,r,k} = \sqrt{h_{m,r,k}^2 + l_{m,r,k}^2} . \quad (2.13)$$

Подставим (2.12) и (2.13) в (2.11) и получим выражение вида (2.14):

$$K_{\text{ДП}} = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R I_{m,r} \cdot \left[ \frac{k_{m,r} h_{m,r,1}}{h_{m,r,1}^2 + l_{m,r,1}^2} - \frac{k_{m,r} h_{m,r,2}}{h_{m,r,2}^2 + l_{m,r,2}^2} \right]}{\sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \frac{I_{m,r} k_{m,r} h_{m,r,k}}{h_{m,r,k}^2 + l_{m,r,k}^2}} . \quad (2.14)$$

Далее для завершения построения модели необходимо определить величины  $h_{m,r,k}$ ,  $l_{m,r,k}$  и  $I_{m,r}$ . Для  $h_{m,r,k}$  и  $l_{m,r,k}$  справедливы следующие выражения:

$$h_{m,r,k} = \begin{cases} h_1 + h_m - h_{m,r}^e, & \text{если } k=1, \\ h_1 + h_m + \Delta h - h_{m,r}^e, & \text{если } k=2; \end{cases} \quad (2.15)$$

$$l_{m,r,k} = \begin{cases} l_{m,r}^t + l_{k,k}, & \text{если } r \leq k \text{ и } m=p, \\ l_{m,r}^t - l_{k,k}, & \text{если } k > r \text{ и } m > p. \end{cases} \quad (2.16)$$

Ток в рельсовой нити  $r$  пути  $m$  может быть определен по формуле (2.17):

$$I_{m,r} = \begin{cases} I_m \cdot \left(1 - \frac{K_m^{AC}}{100}\right), & \text{если } r=1, \\ I_m \cdot \left(1 + \frac{K_m^{AC}}{100}\right), & \text{если } r=2. \end{cases} \quad (2.17)$$

Т.к. мы рассматриваем наиболее простой случай – двухпутный участок железной дороги, – то ограничим сверху количество путей (2.18), количество рельсовых нитей (2.19), количество рассматриваемых катушек (2.20) и номер пути, над которым расположены приемные катушки (2.21):

$$M=2, \quad (2.18)$$

$$R=2, \quad (2.19)$$

$$K=2, \quad (2.20)$$

$$p=1. \quad (2.21)$$

Выражения (2.14) – (2.17) представляют собой систему уравнений. На этом построение аналитической модели можно считать завершенным. В случае, если необходимо изменить количество путей, приемных катушек, рельсовых нитей и номер пути, над которым расположены приемные катушки, достаточно задать

иные параметры (2.18) – (2.21). Соответствующие материалы были опубликованы в [178].

Аналогичная задача по определению влияния электромагнитной обстановки на результаты проводимых измерений может быть решена и в отношении организации испытательных участков контрольных пунктов на метрополитенах. Для характеристики электромагнитной обстановки разработана математическая модель определения коэффициента действия помехи для однопутного участка метрополитена, оборудованного контактным рельсом. Соответствующие материалы были опубликованы в [179].

#### **2.4 Математическая модель индуктивной связи шлейфа и рельсовых нитей в границах испытательного участка**

Общие сведения о расчете взаимных индуктивностей двух лежащих в одной плоскости (компланарных) контуров прямоугольной формы достаточно подробно описаны в [180]. В основе расчетов лежит метод участков, заключающийся в том, что контур или контуры сложной формы разбиваются на отдельные участки, каждый из которых имеет сравнительно простую форму, после чего определяют индуктивность отдельных участков по уже известным, полученным ранее формулам. Дальнейшее развитие методика расчета получила в работах [181-184]. Приведем общие ее положения.

Взаимная индуктивность двух параллельных прямолинейных проводников согласно [184] может быть определена на основании следующей схемы (рисунок 2.6). На рисунке 2.6:  $l_1$  – длина первого отрезка;  $l_2$  – длина второго отрезка;  $l'_2$  – длина отрезка, соединяющего точки начала первого и второго отрезков;  $a_1$  – длина отрезка, соединяющего точки концов первого и второго отрезков;  $a_2$  – длина отрезка, соединяющего точки начал первого и второго отрезков;  $h$  – длина отрезка перпендикуляра, соединяющего любую из точек первого отрезка с прямой, вдоль которой расположен второй отрезок;  $a'_1$  – длина отрезка, соединяющего начало первого второго и конец первого отрезка;  $a'_2$  – длина отрезка, соединяющего

начало первого и конец второго отрезка. Стрелками для первого и второго отрезков показано направление тока в них.

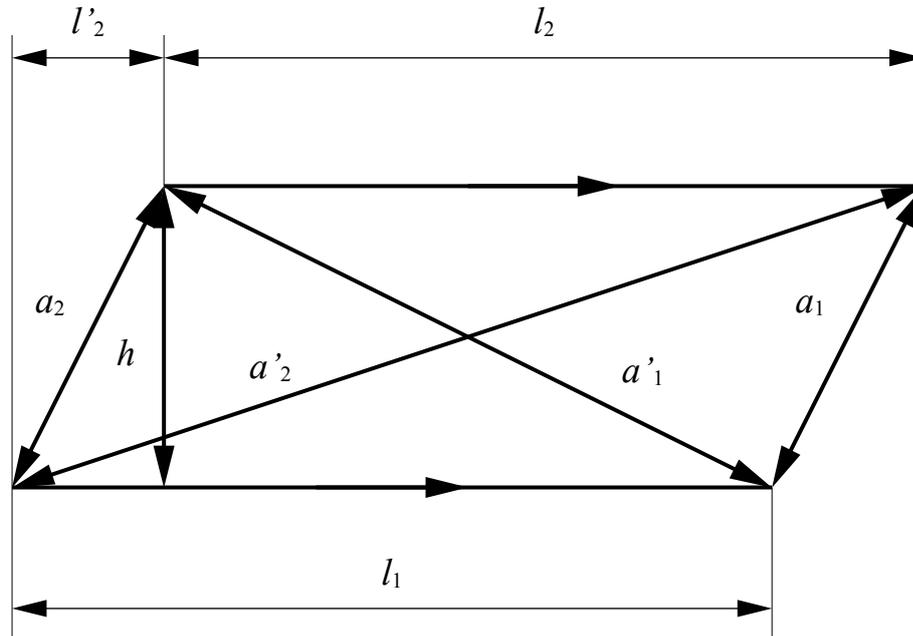


Рисунок 2.6 – Геометрия взаимного расположения двух отрезков

Расчетная формула по [181] имеет вид (2.22):

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[ l_1 \ln \frac{l'_2 + l_2 - l_1 + a_1}{l'_2 - l_1 + a'_1} + l_2 \ln \frac{l'_2 + l_2 + a'_2}{l'_2 + l_2 - l_1 + a_1} + l'_2 \ln \frac{(l'_2 + l_2 + a'_2) \cdot (l'_2 - l_1 + a'_1)}{(l'_2 + l_2 - l_1 + a_1) \cdot (l'_2 + a_2)} + a_1 + a_2 - a'_1 - a'_2 \right]. \quad (2.22)$$

Компоненты  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a'_1$ ,  $a'_2$  по [181] могут быть определены по формулам (2.23) – (2.26):

$$a_1 = \sqrt{(l_2 + l'_2 - l_1)^2 + h^2}, \quad (2.23)$$

$$a_2 = \sqrt{(l'_2)^2 + h^2}, \quad (2.24)$$

$$a'_1 = \sqrt{(l_1 - l'_2)^2 + h^2}, \quad (2.25)$$

$$a'_2 = \sqrt{(l_2 + l'_2)^2 + h^2}. \quad (2.26)$$

Основываясь на данных положениях далее разработана методика расчета влияния взаимной индуктивности испытательных шлейфов различной конфигурации на результаты, получаемые в ходе обслуживания.

Для осуществления расчета используем метод участков с расчетными выражениями (2.22) – (2.26). Методика расчета токов в рельсовых нитях под приемными катушками в границах испытательного участка заключается в следующем:

- определить ординаты характерных точек (начало, конец, места скрещиваний) испытательного шлейфа;
- определить число и ординаты характерных точек (начало и конец испытательного участка, количество колесных пар в границах испытательного участка);
- разбить испытательный шлейф и рельсовую линию на прямолинейные участки;
- определить значения взаимной индуктивности каждого из участков испытательного шлейфа с каждым из участков рельсовой линии;
- разбить рельсовую линию на контуры, определить сопротивления полученных контуров и соответствующие суммы ЭДС;
- составить систему уравнений по методу контурных токов;
- решить систему уравнений методом Гаусса (с учетом особенностей вида полученной системы линейных уравнений, будет показано далее в (2.29)).

Будем полагать, что по концам рельсовой линии включены сопротивления  $Z_K$ . Если испытательный участок огражден межрельсовыми стяжками, то  $Z_K = 0$ . Если испытательный участок огражден изолирующими стыками и при этом подключен дроссель-трансформатор, то  $Z_K$  принимают равным величине сопротивления основной обмотки соответствующего дроссель-трансформатора при частоте сигнального тока в испытательном шлейфе. Если испытательный участок выделен только изолирующими стыками, то  $Z_K$  принимают равным 100 Ом. Такая величина соответствует удвоенной минимально допустимой

величине сопротивления изолирующего стыка в условиях эксплуатации согласно п. 4.8.1 [185].

Рассмотрим обобщенный случай: испытательный шлейф со скрещиваниями. В границах испытательного участка находится два локомотива. По концам испытательного участка на его границах установлены граничные элементы с сопротивлением  $Z_K$ .

В отношении такого испытательного шлейфа (рисунок 2.7) важно знать следующие его геометрические параметры:  $L_L$  – расстояние от границы рельсовой линии испытательного участка до левой границы испытательного шлейфа;  $L_{лис}$  – длина линии индуктивной связи, образованной испытательным шлейфом;  $L_1$  – расстояние от левой границы испытательного шлейфа до ближайшего скрещивания;  $L_2$  – расстояние от правой границы испытательного шлейфа до ближайшего скрещивания,  $L_{СК}$  – расстояние между скрещиваниями испытательного шлейфа,  $N_{СК}$  – число скрещивания испытательного шлейфа.

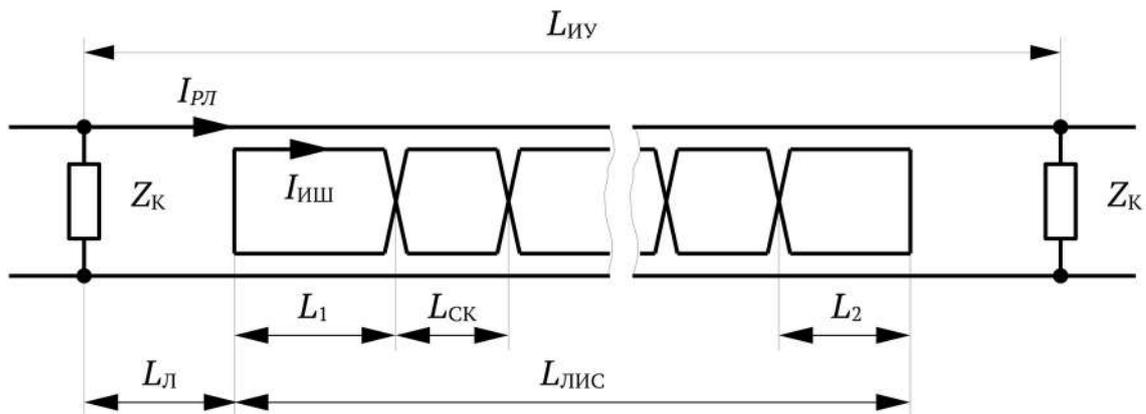


Рисунок 2.7 – Геометрические параметры испытательного шлейфа в отсутствие железнодорожного подвижного состава

Данные геометрические параметры позволяют однозначно определить упорядоченное (относительно левой границы испытательного участка) множество ординат испытательного шлейфа  $IS = (IS_1, IS_2, \dots, IS_{N_{СК} + 1})$ . В свою очередь каждая из ординат позволяет однозначно определить как длину участка испытательного шлейфа вдоль рельсовых нитей, так и направление тока в нем, полагая, что токи в

нечетных контурах испытательного шлейфа направлены по часовой стрелке, а в четных – против часовой.

В отношении рельсовой линии следует заметить следующее. Локомотивы в границах испытательного участка расположены таким образом, как это показано на рисунке 2.8. Первый локомотив является двухсекционным ( $C_{л1} = 2$ ), расположен на расстоянии  $L_{л1}$  от левой границы испытательного участка. Вторым локомотив является односекционным ( $C_{л2} = 1$ ), расположен на расстоянии  $L_{л2}$  от левой границы испытательного участка.

Каждая секция первого локомотива установлена на двух тележках ( $T_1 = 2$ ), в каждой из которых имеется две оси ( $K_1 = 2$ ). Вторым локомотив установлен также на двух тележках, в каждой из которых три оси ( $T_2 = 2, K_2 = 3$ ). Расстояние между осями в тележке для первого локомотива составляет  $L_{к1}$ , для второго локомотива  $L_{к2}$ . Расстояние между соседними осями в двух соседних тележках одной секции для локомотива 1 составляет  $L_{т1}$ , а для второго локомотива  $L_{т2}$ .

Расстояние между ближайшими колесными парами двух соседних секций одного локомотива для первого локомотива составляет  $L_{с1}$ , а для второго локомотива –  $L_{с2}$ . В общем случае для каждого последующего локомотива в границах испытательного участка должно выполняться следующее условие (2.27):

$$L_{л_{i+1}} > (L_{л_i} + L_{к_i} C_i T_i (K_i - 1) + L_{т_i} C_i (T_i - 1) + L_{с_i} (C_i - 1)) \quad . \quad (2.27)$$

Формула (2.27) позволяет осуществить проверку правильности ввода исходных данных при осуществлении моделирования.

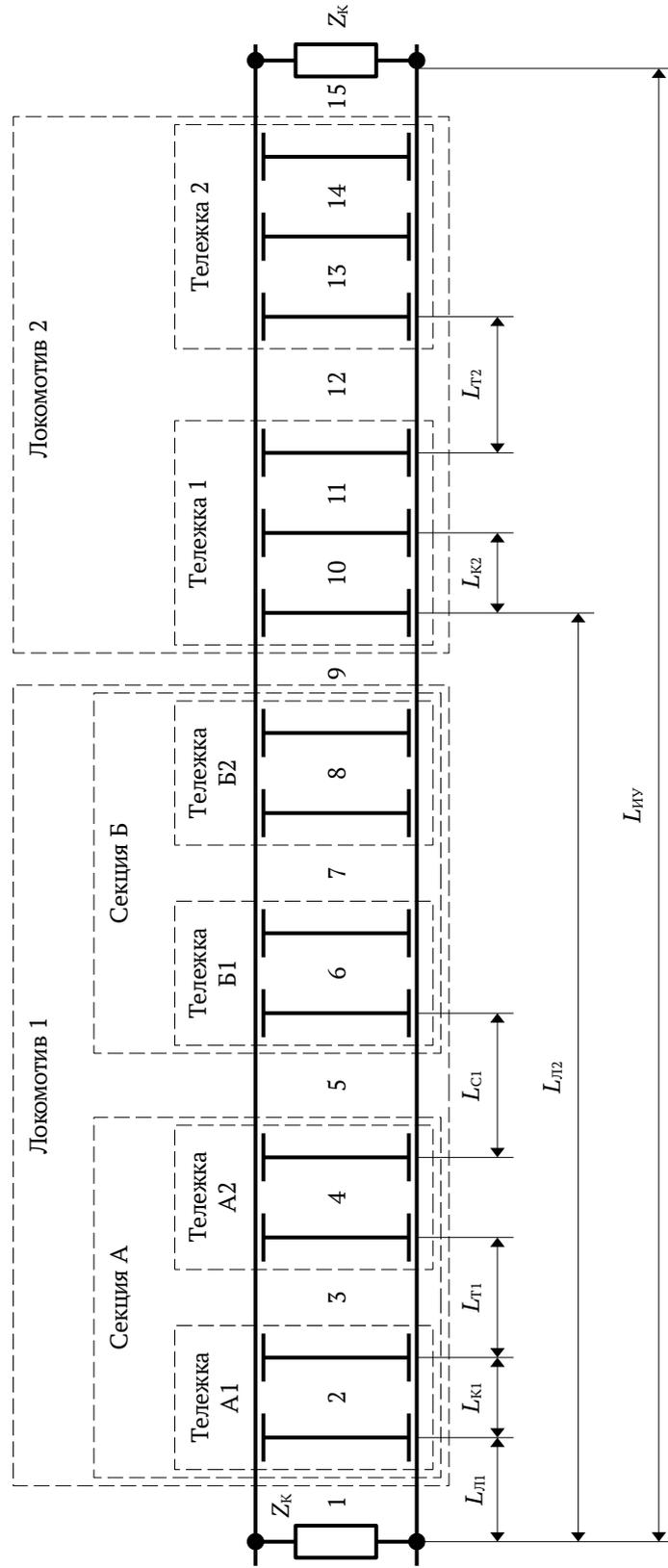


Рисунок 2.8 – Геометрические параметры, характеризующие размещения в границах испытательного участка двух локомотивов (пример размещения двух локомотивов на одном испытательном участке)

Исходя из рисунка 2.8 становится очевидно, что рельсовая линия испытательного участка будет представлять собой набор компланарных контуров, число  $K_K$  которых (в нашем случае их пятнадцать) может быть определено для случая выделения испытательного участка с помощью только межрельсовых стяжек по формуле (2.28):

$$K_K = \sum_{i=1}^L C_i T_i (K_i - 1) , \quad (2.28)$$

при условии, что все колесные пары испытуемых единиц тягового железнодорожного подвижного состава находятся в границах испытательного участка. Если не все колесные пары испытуемых единиц тягового подвижного состава находятся в границах испытательных участков, то из результата вычислений по формуле (2.28) вычитают число колесных пар, ординаты которых находятся вне границ рассматриваемого испытательного участка.

С учетом вышеизложенного ключевыми для определения числа отдельных участков рельсовой линии, по которым будет осуществлен расчет с использованием формул (2.22) – (2.28), будут являться следующие параметры:  $L$  – число локомотивов в границах испытательного участка;  $C_i$  – число секций для каждого из  $L$  локомотивов;  $T_i$  – число тележек в одной секции для каждого из  $L$  локомотивов;  $K_i$  – число осей в каждой из тележек для каждого из  $L$  локомотивов;  $L_{ли}$  – расстояние от левой границы испытательного участка до ближайшей колесной пары каждого из  $L$  локомотивов;  $L_{ки}$  – расстояние между осями соседних колесных пар одной тележки каждого из  $L$  локомотивов;  $L_{ти}$  – расстояние между ближайшими осями колесных пар соседних тележек одной секции каждого из  $L$  локомотивов;  $L_{си}$  – расстояние между ближайшими осями колесных пар соседних секций каждого из  $L$  локомотивов.

Данные параметры позволяют однозначно определить упорядоченное (относительно левой границы испытательного участка) множество ординат характерных ординат рельсовой линии  $RL = (RL_1, RL_2, \dots, RL_{K_K})$ , в которых

устанавливаются межрельсовые стяжки или колесные пары испытуемых единиц тягового железнодорожного подвижного состава.

Далее удобно будет перейти к рассмотрению схемы замещения рельсовой линии (рисунок 2.9). Сопротивление  $Z_{кп}$  – сопротивление колесной пары с учетом двух переходных сопротивлений «колесо-рельс». На рисунке 2.9 также обозначено обозначения:  $E_{рлi}$  – ЭДС, наведенная от испытательного шлейфа в  $i$ -ой вертикальной составляющей рельсовой линии – межрельсовой стяжке или колесной паре;  $E_{рнi}$  – ЭДС, наведенная от испытательного шлейфа в  $i$ -ых горизонтальных составляющих рельсовой линии испытательного участка;  $Z_{рiі}$  – сопротивление рельсовой линии между двумя соседними характерными ее точками, может быть определено с учетом удельных сопротивлений, приведенных в [186]. Из структуры схемы очевидно, что наиболее предпочтительным является расчет токов с использованием метода контурных токов.

В каждом из  $N$  полученных контуров можно определить контурный ток  $I_{jj}$ . При этом для сокращения последующих расчетов следует выбирать контурные токи таким образом, чтобы каждый контурный ток  $I_{jj}$  совпадал с током  $I_{рнj}$  в рельсовых нитях соответствующего контура  $j$ .

Последующие действия будут сводиться к составлению системы линейных уравнений, которую можно записать в следующем виде (2.29):

$$\begin{pmatrix} Z_{11} & -Z_{кп} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -Z_{кп} & Z_{22} & -Z_{кп} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -Z_{кп} & Z_{33} & -Z_{кп} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -Z_{кп} & Z_{44} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -Z_{кп} & Z_{NN} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \\ I_{44} \\ \dots \\ I_{NN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{11} \\ E_{22} \\ E_{33} \\ E_{44} \\ \dots \\ E_{NN} \end{pmatrix}. \quad (2.29)$$

С учетом вида системы уравнений (2.29) удобнее всего осуществить ее расчет методом Гаусса. Решение системы уравнений (2.29) дает искомые действующие значения токов в контурах рельсовой линии испытательного участка. При этом интерес для исследования будут представлять только те контура, над которыми размещены приемные катушки основных устройств безопасности.

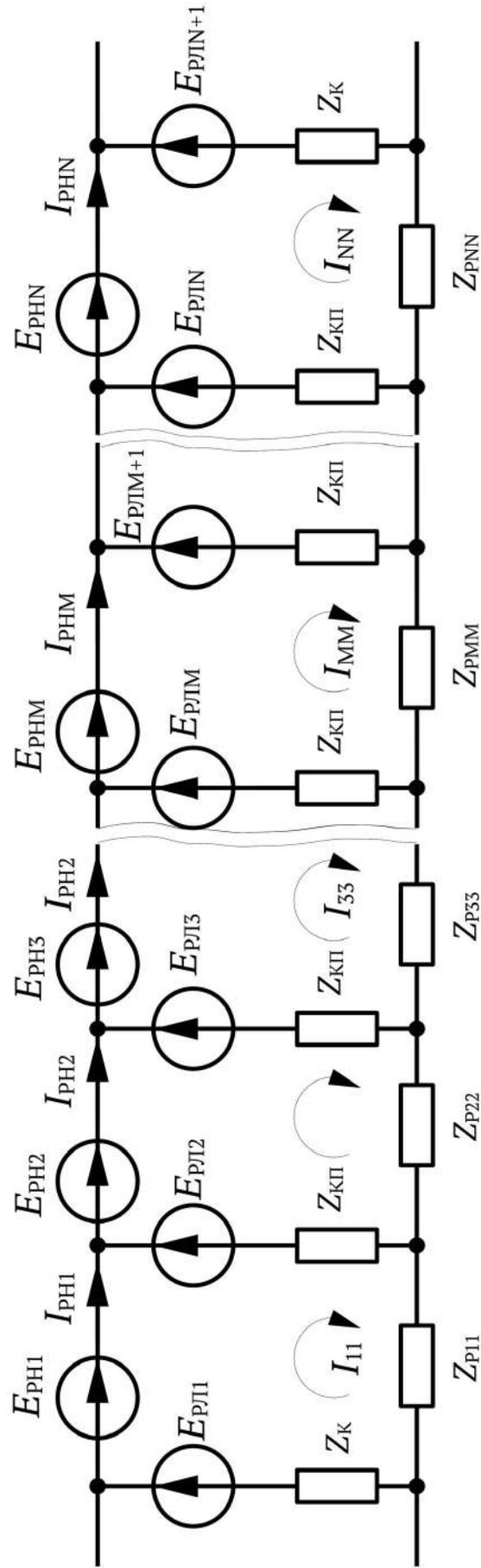


Рисунок 2.9 – Разбивка рельсовой, подверженной влиянию испытательного шлейфа, линии на контура

В рассмотренном случае это будут 1-й, 9-й и 15-й контура. Дальнейший анализ сводится к оценке влияния расположения испытуемых единиц тягового железнодорожного подвижного состава вдоль испытательного шлейфа и геометрических параметров испытательного шлейфа на действующие значения токов в контурах под приемными катушками.

Для автоматизации расчетов была разработана соответствующая программа для ЭВМ [187]. Разработанная модель позволяет осуществить оценку влияние индуктивной связи между испытательным шлейфом и рельсовыми нитями в границах испытательного участка при определении уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности на контрольных пунктах.

## **2.5 Особенности алгоритма обработки кодовых комбинаций числового кода локомотивным дешифратором**

Сигналы локомотивной сигнализации поступают в рельсовую линию непрерывно, т.е. осуществляется т.н. их «накачка». Сбои и нарушения в работе локомотивных устройств безопасности возникают в случае, когда помеха искажает подряд несколько кодовых комбинаций. Искажения могут возникать как ввиду воздействия внешних электромагнитных помех, так и ввиду действия внутренних помех, связанных с несоответствием параметров приемных катушек, фильтра, усилителя или дешифратора нормативным значениям.

В общем случае, разумеется, когда речь идет о модуляции аналоговым сигналом (сигналы АЛСН) следует в качестве критерия применять соотношение сигнал / помеха на входе приемника. Применить указанный критерий по отношению к локомотивной сигнализации – задача сложная и, по существу, интересная только с точки зрения теории. Во многом это связано как с необходимостью определения всего многообразия помех и выделения в нем минимального «кортежа» помех, при которых следует производить проверку аппаратуры локомотивной сигнализации, так и со временем осуществления такой проверки, которая может занять от нескольких часов до нескольких дней.

В связи с этим следует обратиться к поиску иных, практически применимых критериев. Для этого целесообразно рассмотреть работу дешифратора (вернее декодера) числового кода. Дело в том, что именно дешифратор по последовательности импульсов и пауз, формируемой локомотивным приемником, управляет огнями локомотивного светофора и осуществляет периодическую проверку бдительности машиниста тягового подвижного состава. Сигнал на его входе является смесью полезного сигнала и всех помех, которые только могли бы быть: это и помехи из рельсовой линии; и помехи, связанные с асимметрией положения приемных катушек относительно ходовых рельсов; и помехи от работы фильтра и усилителя. Если помеха все же дошла до дешифратора числового кода, то парировать ее придется именно ему за счет своего алгоритма работы. Если его алгоритм не сможет с этим справиться, то и весь комплект аппаратуры в результате не будет устойчив к воздействию помехи.

В состав дешифратора числового кода входят четыре схемы, при этом интерес с точки зрения реализации приема кода с повторением представляют схема реле соответствия и управляемая ей схема сигнальных реле, алгоритм работы которых описан на рисунке 2.10.

Работа схемы реле соответствия СР аналогична алгоритму работы детектора «свой – свой»: последовательность действий дешифратора по управлению показаниями локомотивного светофора выбирается на основе сравнения вида этой кодовой комбинации и текущего показания локомотивного светофора или, если точнее, состояния сигнальных реле дешифратора (рисунок 2.10).

Таким образом используется основное свойство кода с повторением, связанное тем, что вероятность неправильного декодирования кодовой посылки тем меньше, чем больше передается в этой кодовой посылке подряд следующих одинаковых кодовых комбинаций, так как в свою очередь вероятность исказить две и более кодовых комбинаций подряд меньше, чем вероятность искажения одной кодовой комбинации.

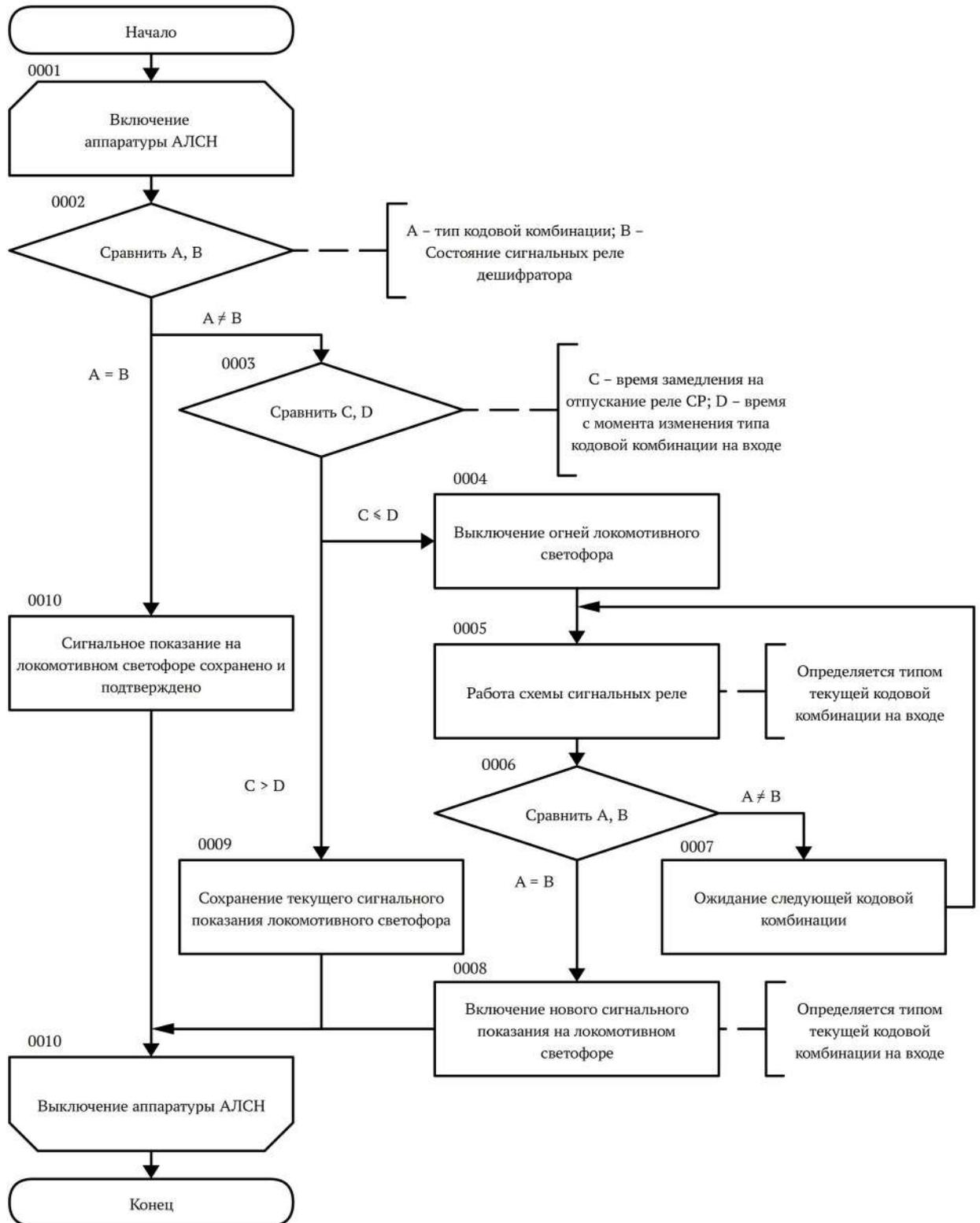


Рисунок 2.10 – Алгоритм работы схемы CP

В соответствии с этим представляется возможным в последующем применить критерии для оценки помехоустойчивости, свойственные цифровым сигналам, т.е. перейти к вероятности ошибки  $P_{\text{ош}}$ . Только такая вероятность

ошибки  $P_{\text{ОШ}}$  будет рассматриваться не в отношении отдельного элементарного импульса, а в отношении кодовой комбинации АЛСН в целом.

Приведем некоторые формулы, поясняющие и развивающие идею приведенного критерия. Пусть  $P_{\text{И}}$  – вероятность изменения (в случае действия помехи соответствует вышеописанной  $P_{\text{ОШ}}$ ) отдельной кодовой комбинации, т.е. такого изменения кодовой комбинации, при котором дешифратор воспримет ее как отличную от текущего состояния схемы сигнальных реле;  $P_{\text{В}}$  – вероятность возникновения события «выключение огней локомотивного светофора»;  $N$  – число следующих подряд кодовых комбинаций; тогда имеет место формула (2.30), описывающая соотношение между вероятностью искажения отдельной кодовой комбинации, количеством таких кодовых комбинаций и вероятностью возникновения события «выключение огней локомотивного светофора»:

$$P_{\text{В}} = P_{\text{И}}^N . \quad (2.30)$$

Очевидно, что число  $N$  зависит от времени, в данном случае от времени замедления на отпускание СР, которое мы обозначили как  $C$ , и периода следования кодовых комбинаций  $T$ . Тогда формулу (2.30) возможно записать в виде (2.31):

$$P_{\text{В}} = P_{\text{И}}^{C/T} . \quad (2.31)$$

При этом результат деления  $C$  на  $T$  следует всегда округлять к большему целому числу. Вероятность же смены сигнального показания при поступлении последовательности измененных кодовых комбинаций  $P_{\text{СМ}}$  может быть выражена следующей формулой (2.32):

$$P_{\text{СМ}} = P_{\text{В}} \cdot P_{\text{И}}^F = P_{\text{И}}^{C/T} \cdot P_{\text{И}}^F = P_{\text{И}}^{(C/T)+F} , \quad (2.32)$$

где  $F$  – параметр, равный нулю, если выключение огней локомотивного светофора пришлось на первую половину кодовой комбинации, и единице, если выключение

огней локомотивного светофора пришлось на вторую половину кодовой комбинации. Введение такого параметра необходимо в связи с тем, что сбор схемы сигнальных реле осуществляется преимущественно во время длинной паузы, отделяющей между собой кодовые комбинации, и, если выключение огня локомотивного светофора пришлось на длинную паузу, схема реле соответствия может не успеть собраться и СР может не встать под ток, обеспечив тем самым подключение сигнальных реле к плюсовому полюсу питания через цепочки их самоблокировки. Таким образом для смены сигнального показания на локомотивном светофоре может потребоваться  $N$  или  $(N + 1)$  кодовых комбинаций. Чем больше число  $N$ , тем выше помехоустойчивость работы аппаратуры локомотивной сигнализации. Однако число  $N$  не должно быть очень большим, так как это существенно влияет на безопасность движения поездов.

Такой подход позволяет однозначно определить заданное качество функционирования – критерий, характеризующий уровень устойчивости к электромагнитной помехе (уровень помехоустойчивости) – и выразить его числом подряд искаженных кодовых комбинаций на входе дешифратора  $N$  путем анализа работы самого дешифратора. Таким образом оценка уровня помехоустойчивости работы комплекта аппаратуры сводится к определению для каждого типа кодовых комбинаций числа  $N$  возможных подряд искаженных кодовых комбинаций, при которых смены сигнального показания не происходит и сравнения полученных результатов с нормативными показателями, определенными для данного типа оборудования.

Основным достоинством указанного критерия является его независимость от типа поступающих на вход дешифратора искажений отдельных импульсов и пауз в кодовых комбинациях (ввиду того, что согласно алгоритму работы релейного дешифратора не имеет значения то, какая кодовая комбинация на входе дешифратора была в данный момент, если она не соответствует текущему состоянию схемы сигнальных реле и соответственно показанию локомотивного светофора). С учетом этого возможно отказаться от необходимости проверки оборудования при каждом из видов помех, так как искажение кодовой комбинации

приравнивается к ее отсутствию. Значение имеет лишь одна или две кодовые комбинации, которые поступят на вход дешифратора после выключения огней локомотивного светофора, так как по ним и будет осуществлено включение нового сигнального показания локомотивного светофора. И, если они будут искажены, то и сигнальное показание локомотивного светофора будет искажено, а это может привести к экстренному торможению. Таким образом, алгоритм работы дешифратора сам определяет помехоустойчивость в зависимости от значений параметров элементов ДКСВ.

Для анализа влияния временных параметров реле дешифратора на замедление СР на отпусkanie разработана математическая модель, описывающая работу дешифратора числового кода типа ДКСВ [188]. Результаты работы программы – временные диаграммы работы дешифратора – позволяют оценить время импульсного питания СР при приеме различных типов кодовых комбинаций и влияние на него временных параметров других реле дешифратора.

## 2.6 Выводы по главе

В результате разработки методов и осуществления моделирования получены следующие основные результаты:

1 Была разработана модель, описывающая индуктивную связь испытательного шлейфа и приемной катушки. В качестве показателя соответствия условий проведения проверок условиям эксплуатации впервые вводится коэффициент эффективности испытательного шлейфа. При разработке модели учтены требования действующих нормативных документов к прокладке испытательных шлейфов.

2 Введен новый показатель – коэффициент действия помехи, определяющий долю помехи на входе локомотивного приемника от различных источников в условиях КП АЛСН. Разработана модель, описывающая величину коэффициента действия помехи на многопутных электрифицированных участках железных дорог.

3 Разработана аналитическая модель и соответствующая методика для расчета токов в рельсовых нитях под приемными катушками в границах испытательных участков. Методика базируется на расчете взаимных индуктивностей компланарных контуров, образованных испытательным шлейфом, а также рельсами и колесными парами.

4 Разработана модель, описывающая процесс дешифрации (декодирования) при наличии искажений кодовых комбинаций числового кода на примере релейного дешифратора числового кода типа ДКСВ. Результаты его моделирования позволяют определить длительность питания СР за один период следования кодовых комбинаций. При построении модели установлено, что любая искаженная кодовая комбинация на его входе заменяется пассивной паузой.

На основе разработанных методик и математических моделей осуществлено моделирование, результаты которого рассмотрены в следующей главе.

### **Глава 3. Моделирование канала индуктивной связи при определении технического состояния локомотивных устройств безопасности**

#### **3.1 Постановка задачи**

Моделирование следует осуществить для решения следующих задач:

1 Определить степень влияния геометрических параметров испытательных шлейфов и положения вдоль них приемных катушек на результаты проводимых измерений;

2 Определить степень влияния источников помех: тяговых токов в рельсовых нитях смежных путей – на получаемые результаты измерений в границах испытательных участков контрольных пунктов;

3 Определить характер влияния токов, наводимых в рельсовых нитях под приемными катушками испытуемых единиц тягового железнодорожного подвижного состава в границах испытательных участков, в зависимости от варианта выполнения испытательного шлейфа и его параметров.

Решение первой задачи позволит определить требования к конфигурации линии индуктивной связи для определения уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности и условиям их эксплуатации. Решение второй задачи позволит определить необходимость отбраковки результатов измерений при неблагоприятной электромагнитной обстановке на испытательных участках контрольных пунктов электрифицированных участков железных дорог. Решение третьей задачи позволит судить о влиянии конфигурации испытательного шлейфа (в первую очередь наличия его скрещиваний) на получаемые результаты измерений.

### 3.2 Анализ зависимости коэффициента эффективности испытательного шлейфа от его геометрических параметров и расположения вдоль него приемных катушек

Как было указано в подразделе 2.2, чем ближе значение коэффициента эффективности испытательного шлейфа к единице, тем выше точность результатов измерений, получаемых с его помощью. В соответствии с этим следует определить условие, при котором коэффициент эффективности испытательного шлейфа будет максимальным при заданной конфигурации испытательного шлейфа.

Определим такое положение приемной катушки вдоль испытательного шлейфа, при котором коэффициент эффективности будет максимальным вне зависимости от длины рамки, а также высоты подвеса приемной катушки относительно УПШ. Для этого необходимо определить максимумы функции (2.4) при условии, что  $h_{ЛК}=const$ ,  $h_{ШЛ}=const$ ,  $l_F=const$  и  $N_B=const$ . Сначала определим производную  $K'_{эф}(l_k)$  (3.1):

$$K'_{эф}(l_k) = \frac{N_B}{2} \cdot \left( \frac{(h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2}{(l_k^2 + (h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2)^{3/2}} - \frac{(h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2}{((l_F - l_k)^2 + (h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2)^{3/2}} \right). \quad (3.1)$$

Далее приравняем выражение (3.1) к нулю. В результате преобразований получим уравнение вида (3.2):

$$\frac{1}{(l_k^2 + (h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2)^{3/2}} = \frac{1}{((l_F - l_k)^2 + (h_{ЛК} + h_{ШЛ})^2)^{3/2}}. \quad (3.2)$$

Приведя дроби к общему знаменателю, перейдем к рассмотрению их числителей. Путем тождественных преобразований может быть получено уравнение вида (3.3):

$$l_F \cdot (l_F - 2l_k) = 0. \quad (3.3)$$

Первый корень уравнения (3.3)  $l_F=0$  далее не рассматривается, т. к. не имеет физического смысла для решаемой задачи. Вторым корнем уравнения (2.45)  $l_F=2l_k$ . Таким образом значение  $l_k=l_F/2$  является искомым экстремумом функции (2.4) при условии, что  $h_{ЛК}=const$ ,  $h_{ИШ}=const$ ,  $l_F=const$  и  $N_B=const$ . Можно показать, что производная (3.1) положительна слева от точки экстремума (при значениях  $l_k < l_F/2$ ) и отрицательна после точки экстремума (при значениях  $l_k > l_F/2$ ). Таким образом экстремум  $l_k=l_F/2$  является максимумом функции (2.4) при  $h_{ЛК}=const$ ,  $h_{ИШ}=const$ ,  $l_F=const$  и  $N_B=const$ . Следовательно, наибольшая точность результатов измерений технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности достигается при размещении приемной катушки на одинаковых расстояниях от границ испытательного шлейфа без скрещивания, что согласуется с положениями, изложенными в документации на переносные устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации [61].

В результате моделирования был получен следующий ряд зависимостей:

- коэффициента эффективности от ординаты центра сердечника приемной катушки относительно испытательного шлейфа, выполненного одновитковым и без скрещиваний (возьмем две характерные длины рамки испытательного шлейфа – 3 и 5 м);

- коэффициента эффективности от длины рамки одновиткового переносного испытательного шлейфа (при ординате размещения локомотивной катушки, соответствующей центру переносного испытательного шлейфа без скрещиваний).

Высота  $h_{ЛК}$  в указанных зависимостях принимается равной 150 мм.

Кроме того дополнительно следует построить график зависимости коэффициента эффективности от расстояния между испытательным шлейфом без скрещиваний и центром сечения сердечника приемной катушки (при разной высоте подвеса испытательного шлейфа относительно УГР), размещенной напротив центра переносного испытательного шлейфа при заданной длине последнего согласно выражению (3.4) для наиболее характерных высот  $h_{ЛК}$  размещения приемных катушек – 100, 150 и 240 мм относительно УГР:

$$K_{\text{эф}}(h_{\text{иш}}, h_{\text{лк}}, l_F) = \frac{N_B}{2} \cdot \frac{l_F}{\sqrt{(0,5 l_F)^2 + (h_{\text{лк}} + h_{\text{иш}})^2}} \quad (3.4)$$

Соответствующие графики приведены на рисунках 3.1 – 3.3.

Исходя из графика, представленного на рисунке 3.1 отметим, что характер кривой коэффициента эффективности испытательного шлейфа, выполненного в виде прямоугольной рамки без скрещивания, вблизи его границ не зависит от длины испытательного шлейфа. При размещении приемной катушки на расстоянии до одного метра от границы рамки переносного шлейфа возможны существенные отклонения величины ЭДС, наведенной в приемной катушке, от установленного нормативной документацией [54] значения при одной и той же номинальной силе тока в шлейфе (действующее значение).

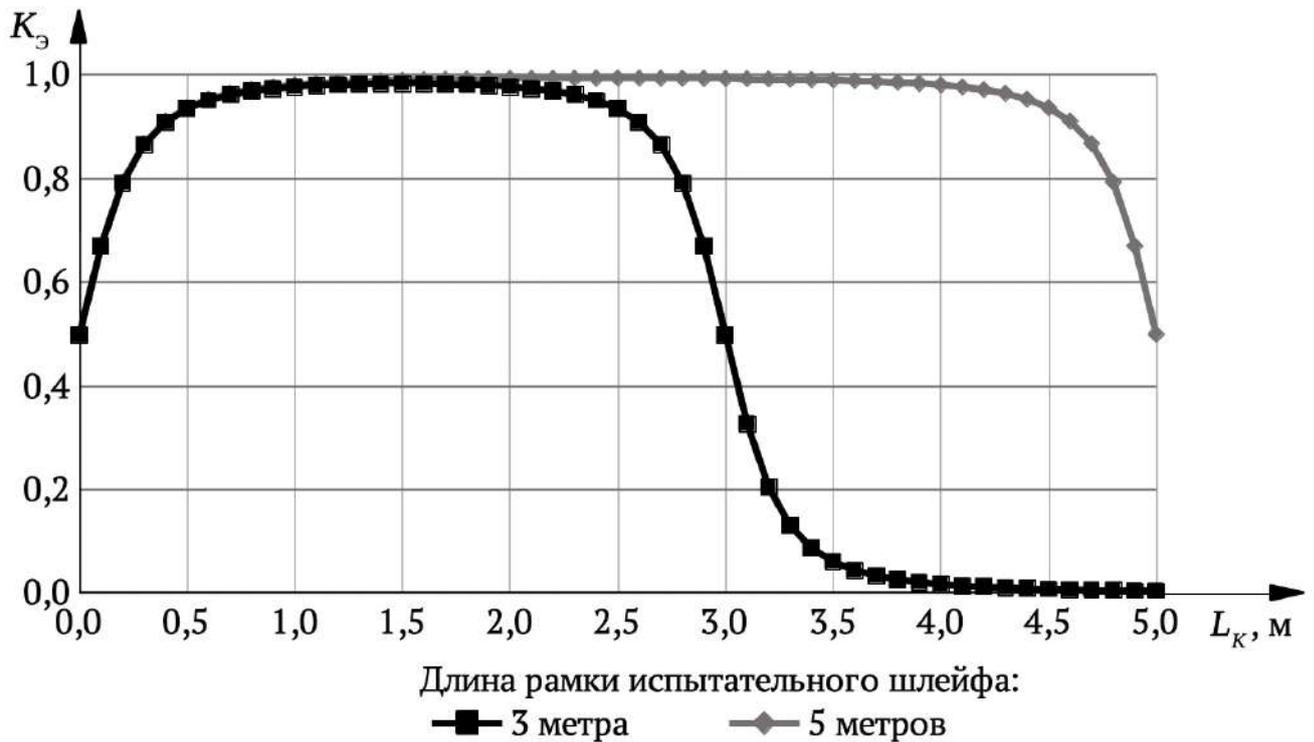
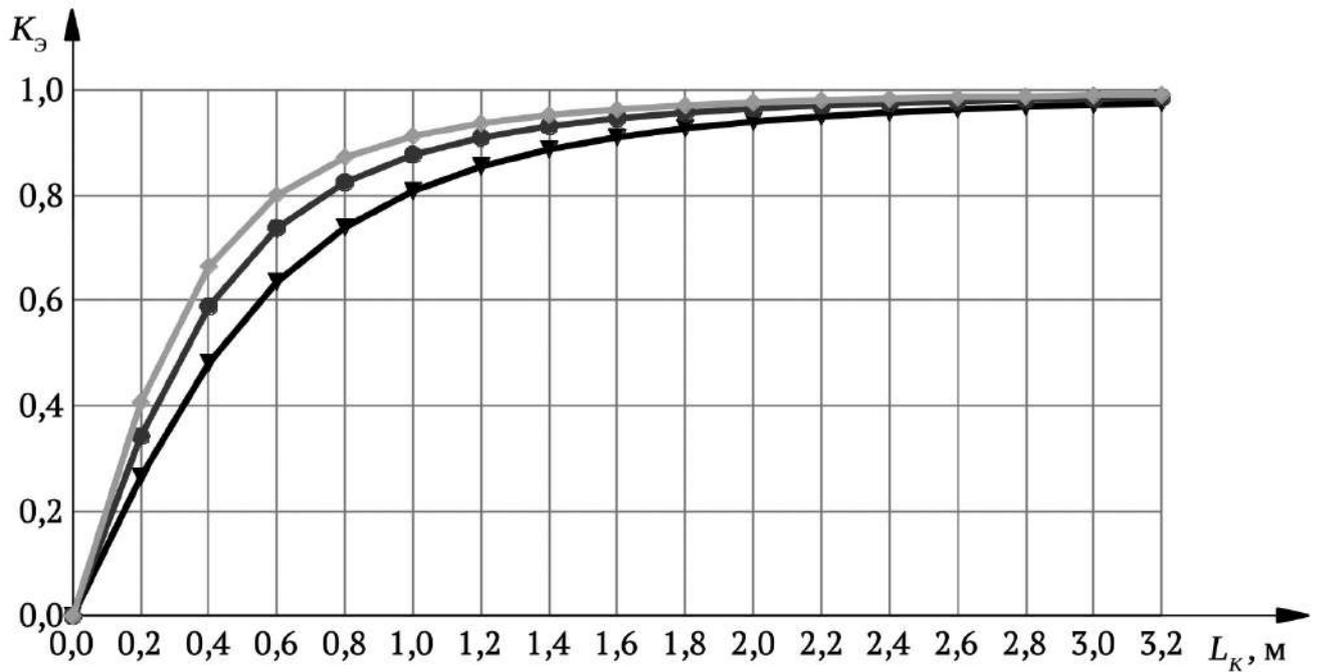


Рисунок 3.1 – Зависимость коэффициента эффективности испытательного шлейфа от ординаты размещения вдоль него приемной катушки для двух длин рамок испытательного шлейфа: 3 и 5 метров



Высота подвеса приемной катушки относительно  
уровня головки рельса, в мм:

▼ 0,240      ● 0,150      ◆ 0,100

Рисунок 3.2 – Зависимость коэффициента эффективности при размещении приемной катушки на одинаковых расстояниях от границ испытательного шлейфа от его длины

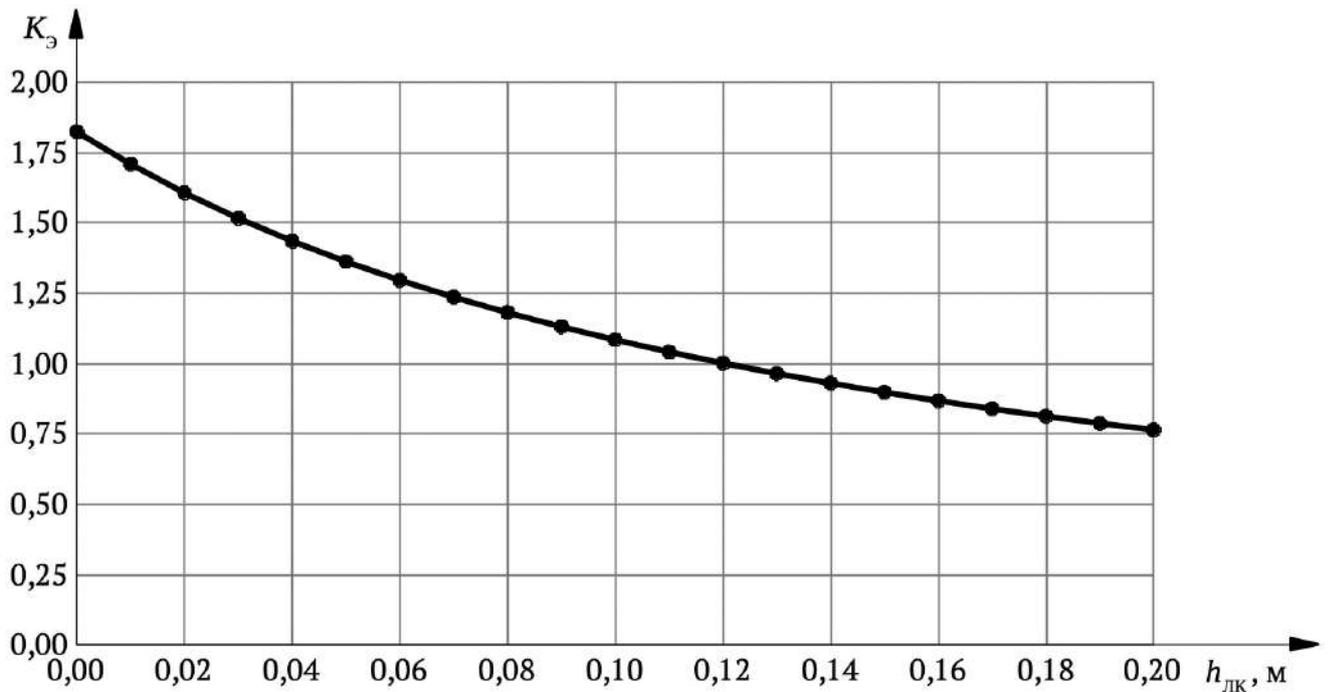


Рисунок 3.3 – Зависимость коэффициента эффективности при размещении приемной катушки на одинаковых расстояниях от границ испытательного шлейфа от высоты подвеса испытательного шлейфа относительно УГР

Согласно графику на рисунке 3.2 при длине рамки испытательного шлейфа два метра и более коэффициент эффективности испытательного шлейфа остается практически неизменным и близким к единице при условии размещения приемной катушки на равном удалении от обеих границ короткого испытательного шлейфа. При этом чем больше высота подвеса приемной катушки относительно УГР, тем меньше коэффициент эффективности при одной и той же длине испытательного шлейфа и его высоте подвеса  $h_{иш}$ .

Высота размещения испытательного шлейфа относительно УГР (рисунок 3.3) существенно влияет на ЭДС, наводимую в приемных катушках. Размещение испытательного шлейфа на УГР позволяет навести в приемной катушке ЭДС более чем в 1,75 раза больше, чем при размещении на уровне, соответствующем [54]. Такие особенности размещения переносного испытательного шлейфа должны учитываться при интерпретации результатов измерений технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности или при задании действующего значения тока в переносном испытательном шлейфе.

В заключении отметим, что коэффициент эффективности испытательного шлейфа прямо пропорционален числу его витков  $N_B$ .

Далее рассмотрим испытательные шлейфы со скрещиваниями. Полагая, что все участки испытательного шлейфа имеют одинаковую длину  $L_{СК}$ , систему (2.6) – (2.8) можно записать одним уравнением вида (3.5):

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{L_K}{\sqrt{(L_K)^2 + (h_{иш} + h_{r,k})^2}} + \frac{-L_K + L_{СК}}{\sqrt{(-L_K + L_{СК})^2 + (h_{иш} + h_{r,k})^2}} - \frac{1}{2} \left[ \frac{L_K + L_{СК}}{\sqrt{(L_K + L_{СК})^2 + (h_{иш} + h_{r,k})^2}} + \frac{2L_{СК} - L_K}{\sqrt{(2L_{СК} - L_K)^2 + (h_{иш} + h_{r,k})^2}} \right]. \quad (3.5)$$

Далее в отношении шлейфов со скрещиваниями будем оперировать только формулой (3.5). Это значительно сократит количество расчетов при достаточной для исследования степени точности (на рисунке 3.1 видно, что коэффициент эффективности вне границ испытательного шлейфа на расстоянии  $(L_{лис} / 2)$  и

более практически равен нулю).

Рассмотрим случай, когда длины всех рамок одинаковы и равны типовой минимально возможной величине  $L_{СК} = 4,7$  м [57] (рисунок 3.4). Как мы ранее уже убедились, с увеличением длины линии индуктивной связи коэффициент эффективности испытательного шлейфа примерно равен единице на большей части ее протяженности. Наихудшим условием эксплуатации будет являться самое короткое из возможных расстояние между скрещиваниями.

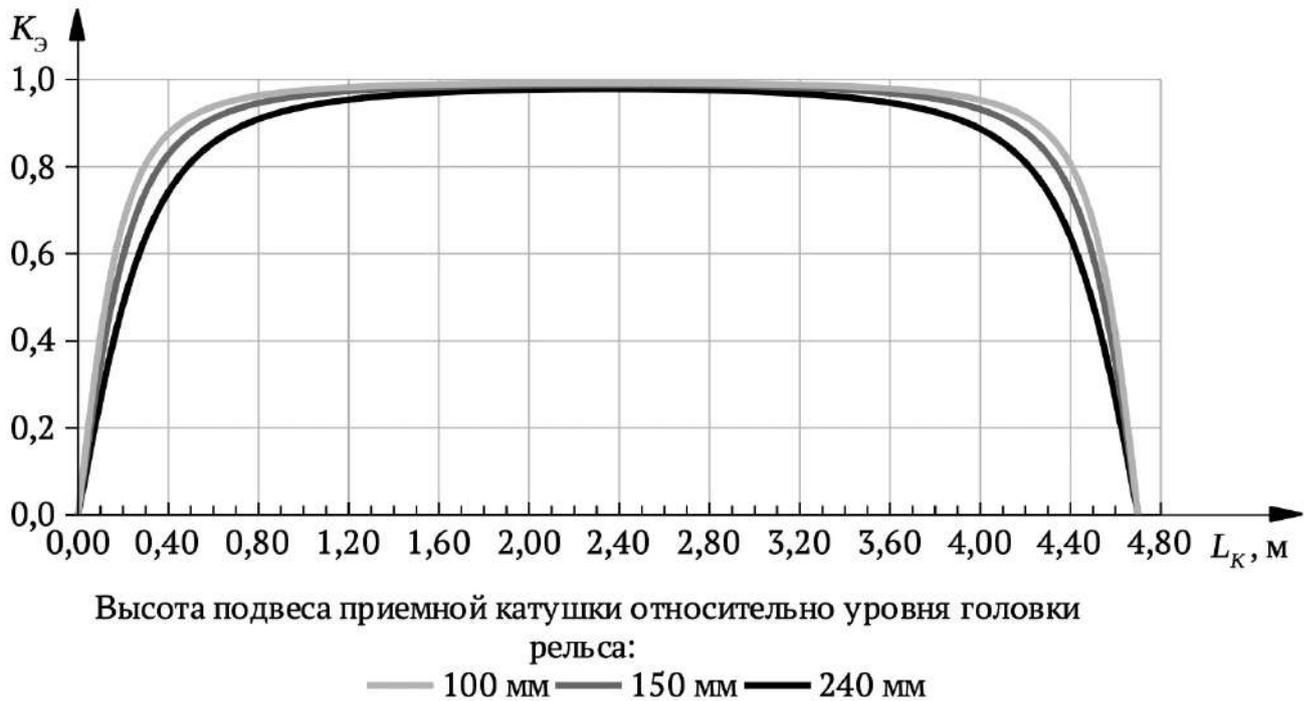


Рисунок 3.4 – Зависимость коэффициента эффективности испытательного шлейфа от расположения приемной катушки

Из полученных графиков следует, чем ниже высота подвеса приемной катушки относительно уровня головки рельса при использовании шлейфа со скрещиваниями, тем меньше область вблизи мест скрещивания последнего, в которой коэффициент эффективности испытательного шлейфа изменяется существенно. При равных расстояниях относительно соседних скрещиваний испытательного шлейфа коэффициент эффективности испытательного шлейфа при данных: его длине и высоте подвеса приемной катушки – максимален (данное утверждение может быть достаточно просто доказано путем определения максимума функции, определенной выражением (3.5) относительно  $L_K$ ). Вблизи

мест скрещивания испытательного шлейфа значение коэффициента эффективности испытательного шлейфа резко снижается за счет влияния смежного участка испытательного шлейфа, что приводит к невозможности измерения чувствительности локомотивного приемника в данной области при номинальной силе тока в испытательном шлейфе (действующее значение). С учетом этого построим график зависимости значения коэффициента эффективности испытательного шлейфа при размещении приемной катушки на равном удалении от соседних его скрещиваний (рисунок 3.5).

Можно сформулировать вывод о том, что при известном допустимом диапазоне высот подвеса приемных катушек относительно уровня головки рельса при оценке фактического значения порога срабатывания локомотивного приемника необходимо, во-первых, определить требуемую точность получаемых результатов (может быть задана коэффициентом эффективности испытательного шлейфа; характеризует отличие получаемых результатов измерений ЭДС, наводимых в приемных катушках, от максимально возможных значений), а, во-вторых, определить минимальное расстояние между скрещиваниями, при котором при размещении приемной катушки симметрично относительно соседних скрещиваний будет достигаться заданная точность.

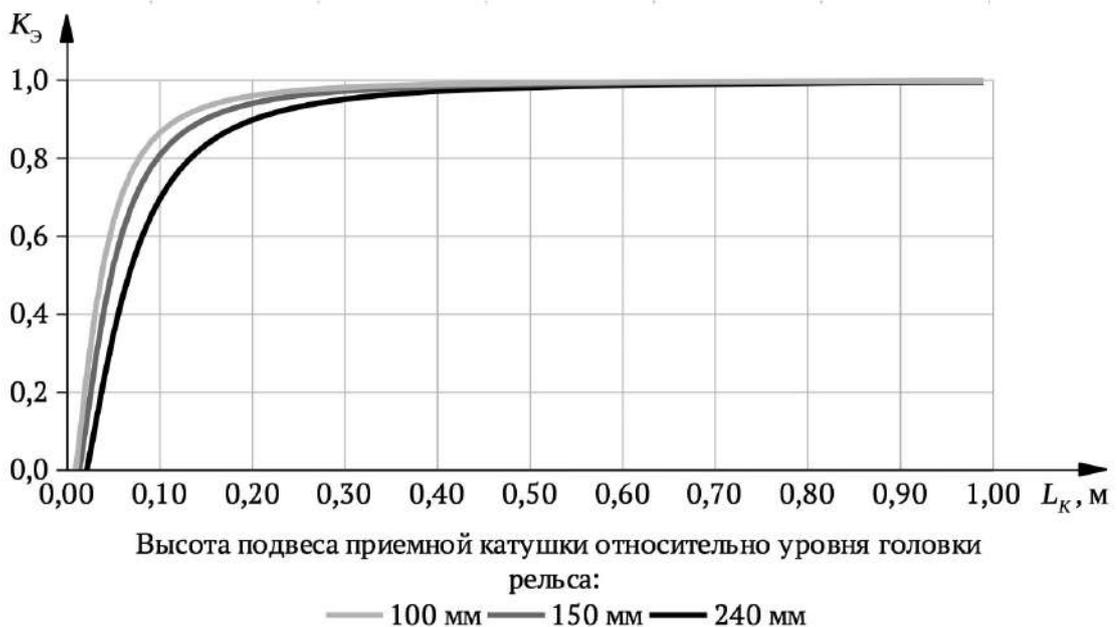


Рисунок 3.5 – Зависимость коэффициента эффективности испытательного шлейфа от расстояния между соседними скрещиваниями испытательного шлейфа

Полученные результаты позволяют проанализировать на предмет точности получаемых результатов измерений существующие нормы, установленные нормативными документами: п. 1.8.4 [57] и п. 3.4.6.6 [59]. Из указанных нормативных документов следует, что «приемные катушки единицы тягового железнодорожного подвижного состава должны располагаться не ближе 200 мм к месту скрещивания испытательного шлейфа». Согласно результатам моделирования на указанном расстоянии значение коэффициента эффективности испытательного шлейфа находится в диапазоне от 0,45 до 0,67, следовательно фактическое значение порога срабатывания локомотивного приемника не может быть определено при номинальных величинах силы тока в испытательном шлейфе (действующие значения; наводимая ЭДС будет отличаться от номинальной величины почти в два раза).

Для подтверждения полученных в результате моделирования данных требуется проведение натурного экспериментального исследования для уточнения значений коэффициента эффективности испытательного шлейфа в зоне скрещивания испытательного шлейфа.

### **3.3 Моделирование электромагнитной обстановки контрольных пунктов депо для электрифицированных участков железных дорог**

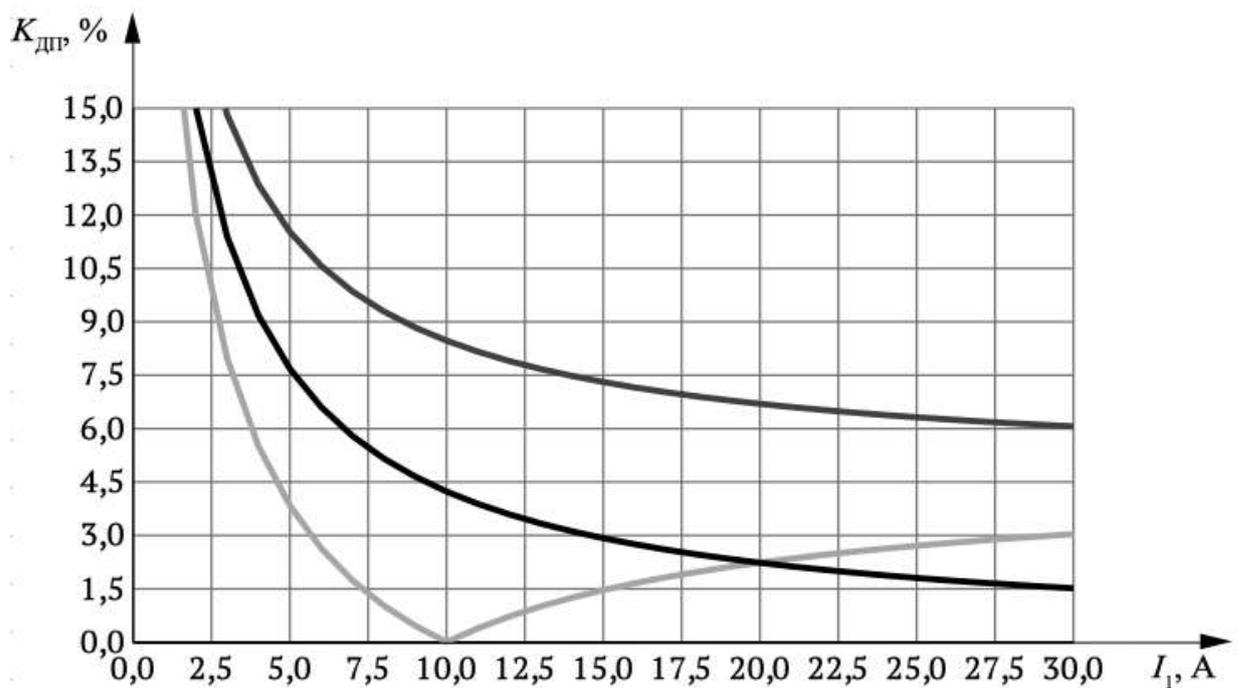
Ранее была поставлена задача оценки электромагнитной обстановки контрольных пунктов депо для электрифицированных участков железных дорог и метрополитенов с использованием полученных выражений для определения коэффициента действия помехи. В результате анализа влияния тягового тока, протекающего в рельсовых нитях двухпутного участка железной дороги, было осуществлено моделирование. Получены следующие зависимости:

- коэффициента действия помехи  $K_{дп}$  при отсутствии асимметрии токов в рельсовых нитях первого пути (суммарное действующее значение тягового тока принято равным 100 А) в зависимости от суммарного действующего значения тока в рельсовых нитях второго пути (в диапазоне от 0 до 30 А) при различной

величине коэффициента асимметрии тягового тока в рельсовых нитях первого пути при высоте подвеса приемных катушек 0,15 м – рисунок 3.6;

- коэффициента действия помехи  $K_{дп}$  от разности высот подвеса приемных катушек  $\Delta h$  при одинаковых суммарных действующих значениях тока в рельсовых нитях первого и второго пути и отсутствии асимметрии тяговых токов в рельсовых нитях первого и второго пути – рисунок 3.7.

Отметим, что ширина междупутья при моделировании принималась минимально возможной для прямых двухпутных участков железных дорог и равной 4,1 м согласно раздела 5.3 ГОСТ 9238-2013. Рассмотрен тип рельсов Р65. В соответствии с этим  $h_m$  была определена как разность высоты рельса типа Р65 по [57] и высоты подвеса испытательного шлейфа контрольного пункта автоматической локомотивной сигнализации относительно подошвы рельса (что соответствует центру силовых магнитных линий рельса) и равна 0,126 м.



- Коэффициент асимметрии тягового тока в рельсовых нитях первого пути:
- $K_{ас} = 5\%$ , значение силы тока больше в левом по ходу движения рельсе
  - $K_{ас} = 0$
  - $K_{ас} = 5\%$ , значение силы тока больше в правом по ходу движения рельсе

Рисунок 3.6 – Зависимость коэффициента действия помехи на входе локомотивного приемника при различных величинах коэффициента асимметрии в рельсовых нитях первого пути

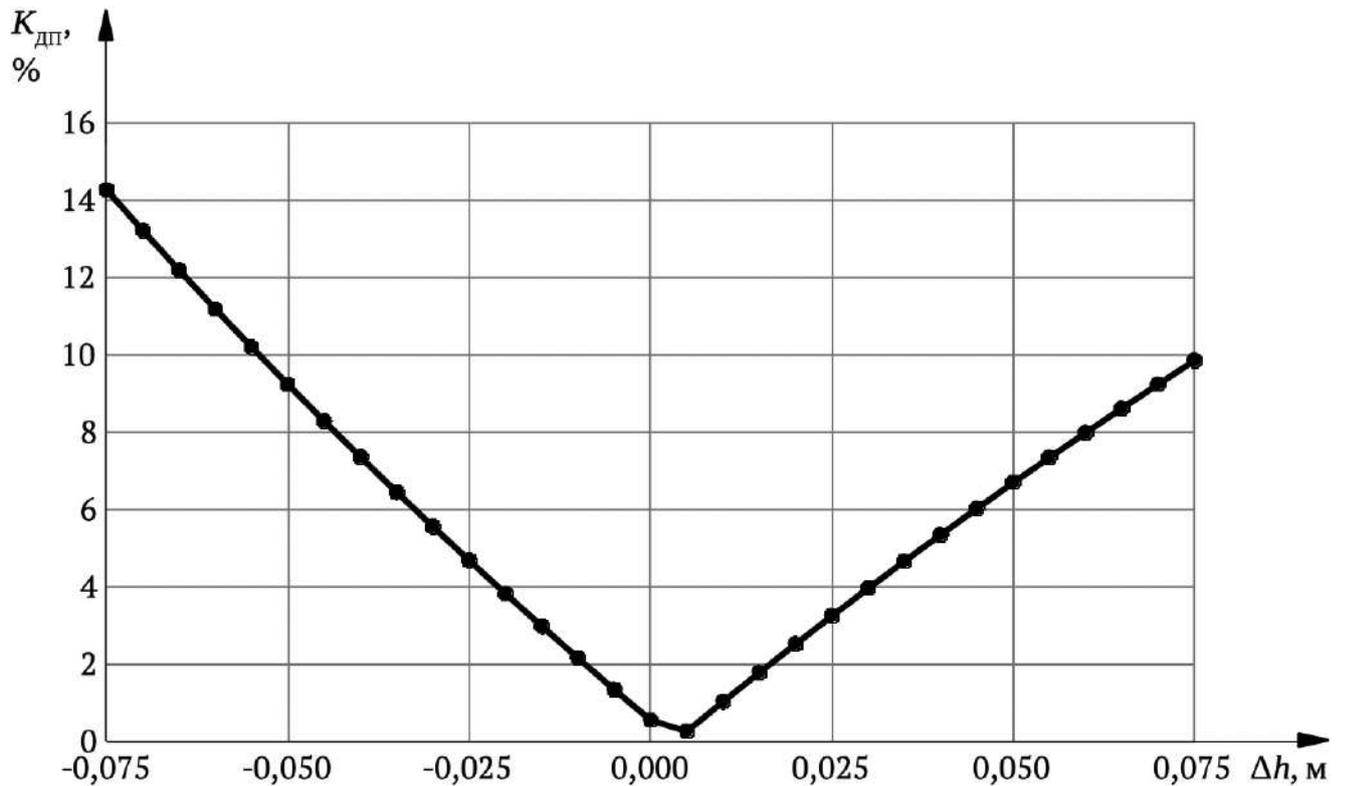


Рисунок 3.7 – Зависимость коэффициента действия помехи на входе локомотивного приемника от разности высот подвеса приемных катушек

При отсутствии тягового тока в рельсовых нитях первого пути (соответствует условиям испытательных участков контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации, ограниченных изолирующими стыками) значение коэффициента действия помехи на входе локомотивного приемника достигает значительных уровней. Даже при малых – до 5 А – величинах суммарных действующих значений тягового тока в рельсовых нитях первого пути (что может рассматриваться как условия при проведении испытаний локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах депо и пунктов технического обслуживания, не ограниченных изолирующими стыками) значение коэффициента действия помехи оказывается не менее 3,8 %, что может оказывать существенное влияние на результаты проводимых измерений в особенности учитывая, что действующее значение сигнального тока в применяемых линиях индуктивной связи, как правило, составляет 1,0 – 2,0 А.

При суммарном действующем значении тягового тока в рельсовых нитях первого пути более 30 % от суммарного тягового тока в рельсовых нитях второго пути коэффициент действия помехи на входе локомотивного приемника остается практически неизменным и равным 1,5 %, в случае отсутствия асимметрии тяговых токов в рельсовых нитях первого пути.

### **3.4 Моделирование токов рельсовых нитей в границах испытательного участка под приемными катушками локомотивных устройств безопасности**

Моделирование токов рельсовых нитей в границах испытательного участка под приемными катушками локомотивных устройств безопасности необходимо осуществить для оценки их влияния на результаты определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности. Токи в рельсовых нитях в границах испытательного участка возникают из-за индуктивной связи «шлейф-рельсы».

Следует отметить, что влияние индуктивной связи «шлейф-рельсы» незначительно в нескольких случаях, когда испытательный участок ограничен только изолирующими стыками (сопротивление контура «рельсы – первая колесная пара – межрельсовая стяжка за изолирующими стыками» будет составлять десятки – сотни Ом, ток в рельсовой линии под приемными катушками протекать не будет) и когда испытательный участок оборудован испытательным шлейфом со скрещиваниями (токи в рельсовых нитях под приемными катушками будут скомпенсированы).

В остальных случаях в рельсовых нитях под приемными катушками будет протекать ток, величина которого будет вносить искажения в результаты оценки фактического значения порога срабатывания локомотивного приемника. На основе разработанной математической модели и соответствующего программного обеспечения [187] было осуществлено моделирование токов в рельсовых нитях под приемными катушками локомотивных устройств безопасности в условиях контрольных пунктов (рисунки 3.8 – 3.10). Для рисунков 3.8, 3.9 длина

испытательного участка принималась равной 70 м (для размещения двух локомотивов), длина линии индуктивной связи – 66 м. Границы испытательного участка и испытательного шлейфа смещены на 2 м. Геометрические параметры взаимного расположения колесных пар локомотива взяты для электровоза серии ВЛ10.

Результаты моделирования (рисунки 3.8, 3.9) показали, что при выполнении испытательного шлейфа без скрещиваний действующее значение силы тока, протекающего в рельсовых нитях под приемными катушками, будет составлять не менее 5 % от тока в шлейфе.

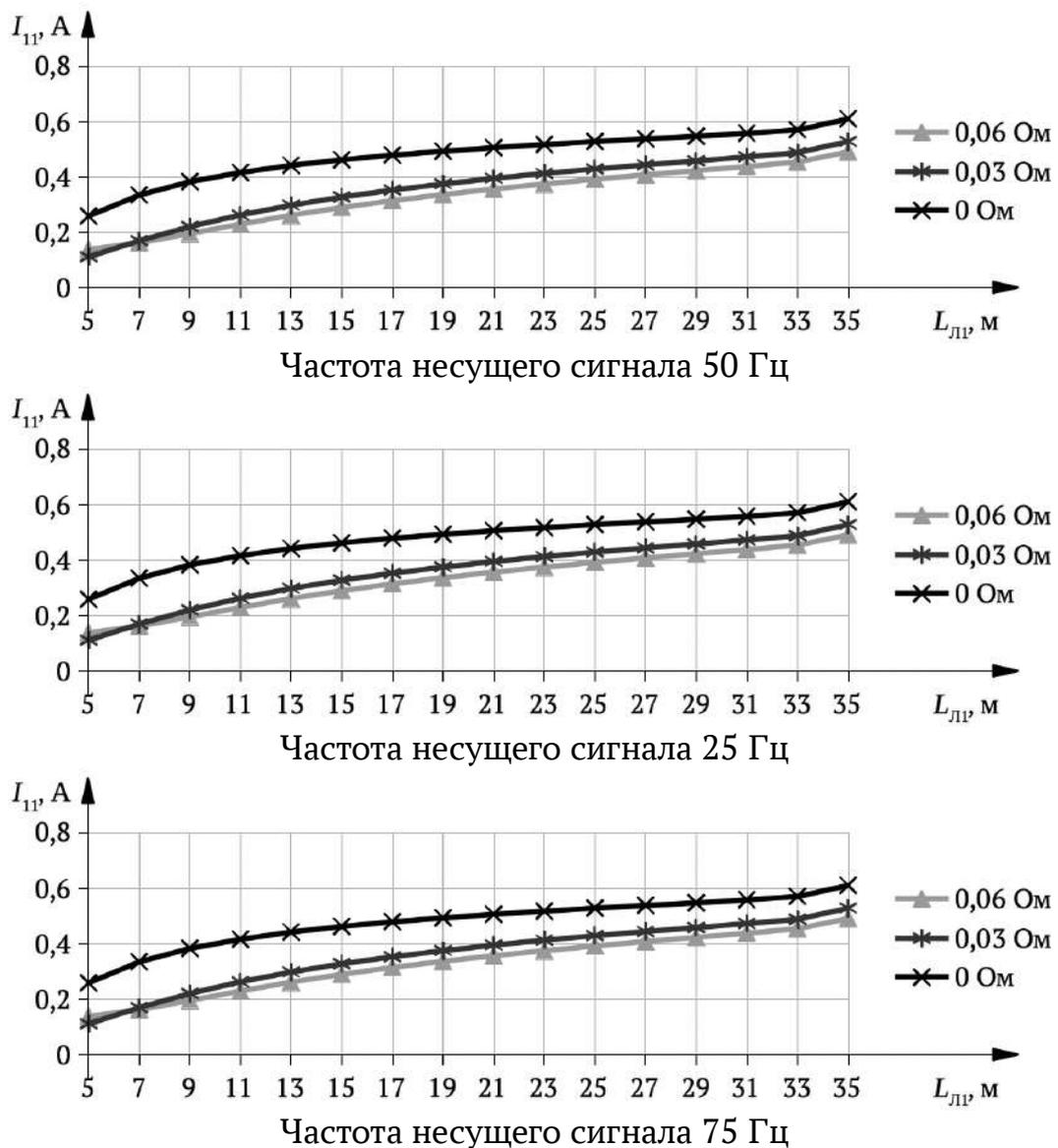


Рисунок 3.8 – Зависимость действующего значения силы тока под приемными катушками локомотива от его расположения вдоль испытательного шлейфа

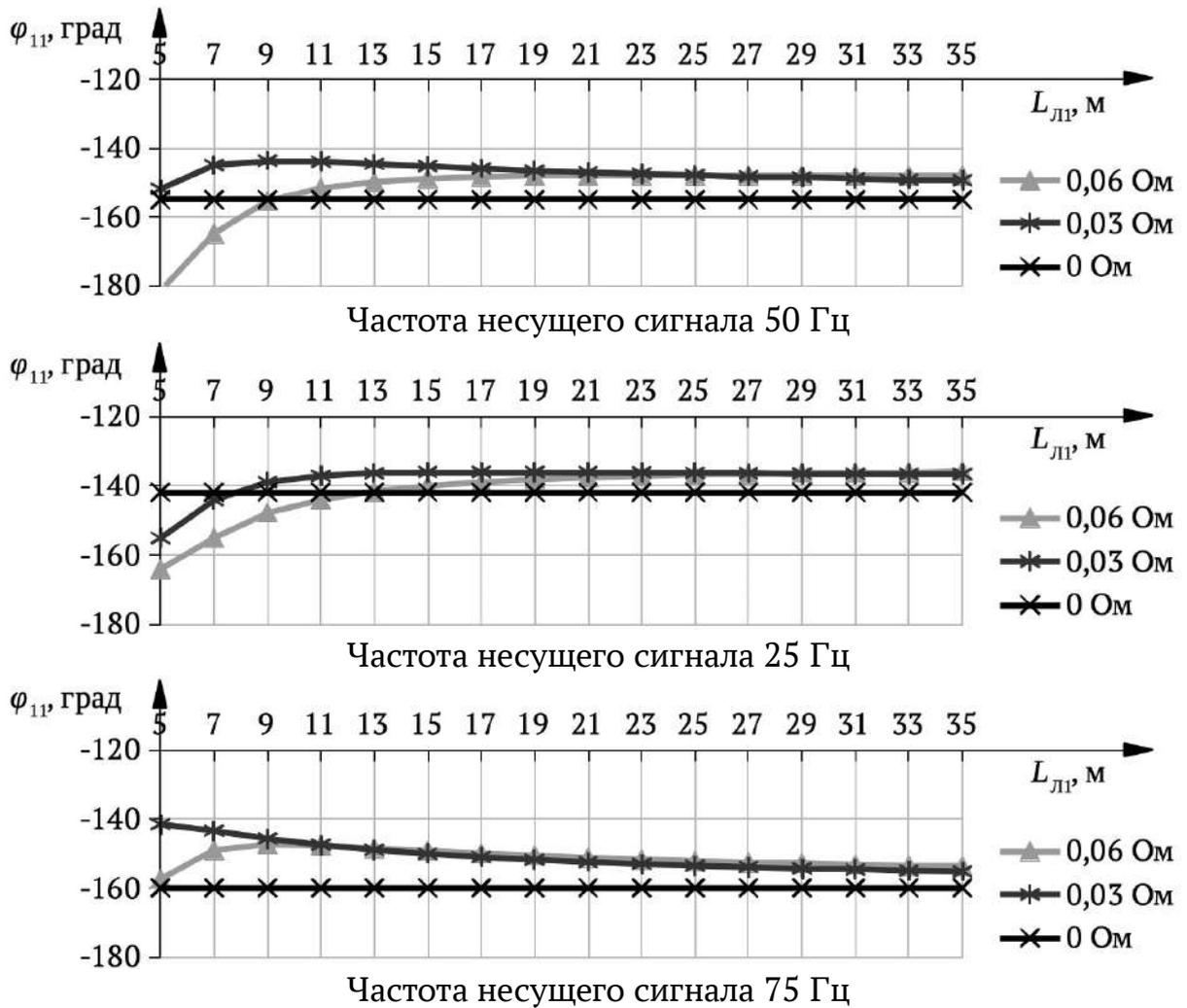


Рисунок 3.9 – Зависимость фазы тока под приемными катушками локомотива от его расположения вдоль испытательного шлейфа

Для рисунка 3.10 длина испытательного участка принята равной 41 м, длина линии индуктивной связи, образованной испытательным шлейфом, принята равной 39 м. Границы испытательного участка и шлейфа находятся на расстоянии 1 м друг от друга. Геометрические параметры взаимного расположения колесных пар локомотива взяты для электровоза серии ВЛ10.

При выполнении всего двух скрещиваний по концам испытательного шлейфа (рисунок 3.10; действующие значения токов в рельсовых нитях под приемными катушками на частотах 25 и 75 Гц совпадают) величина силы тока в рельсовых нитях под приемными катушками при наихудших условиях (нулевой сумме переходных сопротивлений «колесо-рельс» для каждой колесной пары в границах испытательного участка) не будет превышать 5 %, что обеспечивает

приемлемый уровень погрешности определения фактического значения порога срабатывания и коэффициента возврата локомотивного приемника.

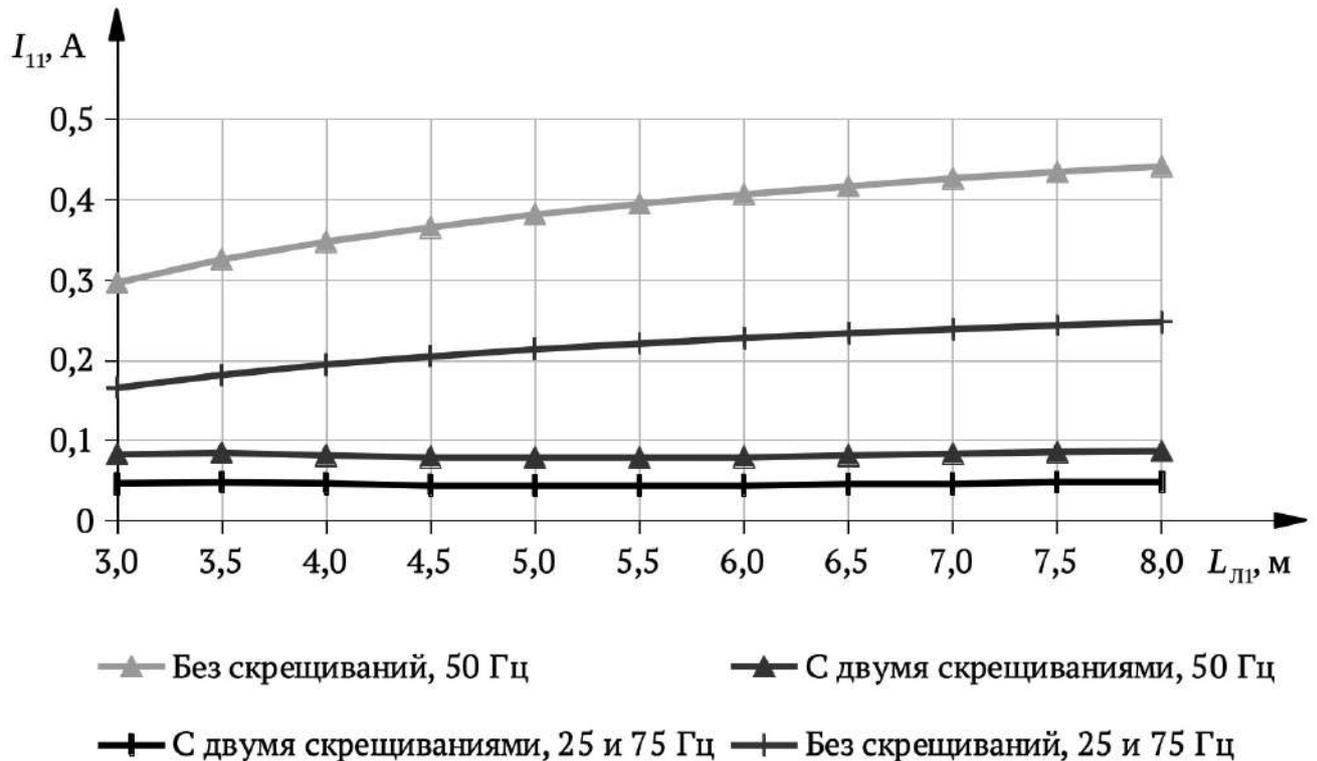


Рисунок 3.10 – Зависимость действующего значения силы тока под приемными катушками локомотива от его расположения вдоль испытательного шлейфа

### 3.5 Выводы по главе

Результаты моделирования влияния параметров канала индуктивной связи на определение технического состояния локомотивных устройств безопасности показали следующее:

1 Коэффициент эффективности испытательного шлейфа зависит как от геометрических параметров самого испытательного шлейфа, так и от расположения вдоль него приемных катушек испытуемой единицы тягового подвижного состава. Коэффициент эффективности и, как следствие, длина испытательного шлейфа ограничены максимально допускаемой высотой подвеса приемной катушки относительно УГР и высотой прокладки испытательного шлейфа относительно УГР. Влияние указанных параметров приводит к невозможности определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных

устройств безопасности для установленных в нормативных документах параметрах размещения приемных катушек.

2 Тяговые токи в рельсовых нитях смежных путей на электрифицированных участках железных дорог приводят к неправильной интерпретации получаемых результатов измерений на контрольных пунктах. Результаты измерений, получаемые в неблагоприятной электромагнитной обстановке не должны учитываться при формировании рекомендаций по регулировке и настройке основных устройств безопасности.

3 Отсутствие скрещиваний испытательного шлейфа создает условия для протекания в рельсовых нитях под приемными катушками тока с действующем значением, составляющим 5 – 10 % от силы тока в испытательном шлейфе, что приводит к ослаблению электромагнитного поля, формируемого сигнальным током в испытательном шлейфе. Такие условия не позволяют осуществить оценку фактического значения порога срабатывания и коэффициента возврата локомотивного приемника при номинальном действующем значении тока в испытательном шлейфе. Выполнение испытательного шлейфа со скрещиваниями позволяет не учитывать влияние токов в рельсовых нитях под приемными катушками испытуемой единицы тягового подвижного состава на точность измерений.

Результаты моделирования после их валидации в рамках экспериментального исследования, описанного в следующей главе, должны быть учтены при разработке методов и технических средств для определения уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности в условиях контрольных пунктов с заданной точностью.

## **Глава 4. Экспериментальное исследование электромагнитной обстановки контрольных пунктов**

### **4.1 Постановка задачи**

Цель проведения экспериментального исследования – осуществить валидацию разработанных математических моделей, описывающих влияние параметров линий индуктивной связи контрольных пунктов и сигналов в них на результаты определение уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности.

Для этого необходимо оценить влияние:

- расположения приемной катушки вдоль испытательного шлейфа на величину коэффициента его эффективности;
- длины рамки испытательного шлейфа без скрещиваний на величину коэффициента его эффективности при размещении приемных катушек на равном удалении относительно его границ;
- параметров кодовых комбинаций на работу блока дешифрации основных устройств безопасности (на примере релейного дешифратора типа ДКСВ).

Кроме этого, ввиду отсутствия в литературе описания электромагнитной обстановки, характерной для мест размещения испытательного оборудования контрольных пунктов, требуется оценить ее характер и выявить основные источники электромагнитных помех, способных приводить к неправильной интерпретации результатов определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности.

### **4.2 Исследование особенностей индуктивной связи между испытательным шлейфом и приемными катушками**

Индуктивная связь «испытательный шлейф – приемные катушки» (см. третью главу) определяется как геометрическими параметрами самого

испытательного шлейфа, так расположением приемных катушек вдоль него. Соответствие параметров индуктивной связи контрольных пунктов условиям эксплуатации характеризуется (см. вторую главу) коэффициентом эффективности испытательного шлейфа.

Основной проблемой при измерении коэффициента возврата локомотивного приемника с использованием испытательных шлейфов является создание электромагнитного поля, эквивалентного условиям эксплуатации основных устройств безопасности. Как было установлено во второй главе, действующие требования к размещению приемных катушек относительно испытательных шлейфов, в первую очередь требования к размещению относительно мест скрещиваний, не позволяют осуществлять измерение коэффициента возврата локомотивного приемника при номинальных действующих значениях силы тока. Электромагнитного поля, формируемого вокруг испытательного шлейфа током номинальной силы, протекающим по нему, недостаточно для наведения ЭДС, приводящей к срабатыванию локомотивного приемника. В связи с этим в условиях контрольных пунктов определение фактического значения порога срабатывания локомотивного приемника осуществляется при значениях силы тока превышающих номинальные. Это приводит к неправильной интерпретации результатов измерений, допуску к эксплуатации оборудования с низким уровнем помехоустойчивости. Требуется определить такие условия, при которых возможно осуществление измерения фактического порога срабатывания локомотивного приемника при номинальных действующих значениях силы тока.

Для валидации результатов моделирования индуктивной связи «испытательный шлейф – приемные катушки», изложенных в третьей главе, была собрана экспериментальная установка. В качестве источника несущих частот сигналов АЛС использовано устройство проверки АЛС типа УПР-АЛСЕ заводской номер 3 (2001 г. выпуска). Для контроля действующие значения силы тока, подаваемого в испытательный шлейф использовался встроенный в пульт-статив УПР-АЛСЕ амперметр, а также клещи токовые СЕМ DT-360 (номер в государственном реестре средств измерений – 55679-13). Для измерения

величины напряжения, наведенного в приемной катушке, использованы те же клещи токовые СЕМ DT-360, позволяющие измерять величину напряжения с точностью  $\pm 1,5\%$ . Рамка испытательного шлейфа выполнена из провода установочного гибкого с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката ПуГВ сечением  $1,5\text{ мм}^2$ . Высота прокладки испытательного шлейфа соответствует [59]. На основе экспериментальных данных были построены кривые, характеризующие зависимость коэффициента эффективности от длины испытательного шлейфа при размещении приемной катушки на равном удалении от его границ (рисунок 4.1), зависимость коэффициента эффективности от расстояния до границы испытательного шлейфа без скрещиваний (рисунок 4.2), зависимость коэффициента эффективности от расстояния до границы испытательного шлейфа без скрещиваний (рисунок 4.3).

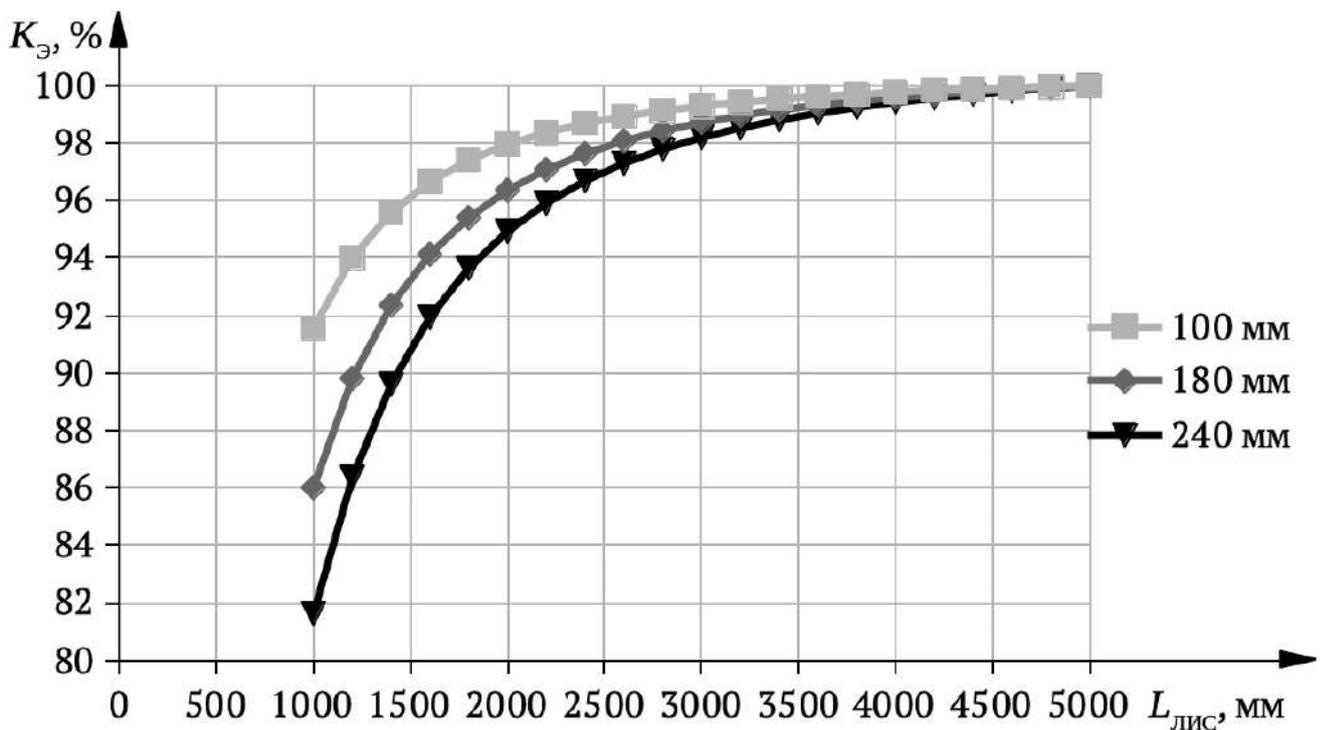


Рисунок 4.1 – Зависимость коэффициента эффективности от длины испытательного шлейфа при размещении приемной катушки на равном удалении от его границ

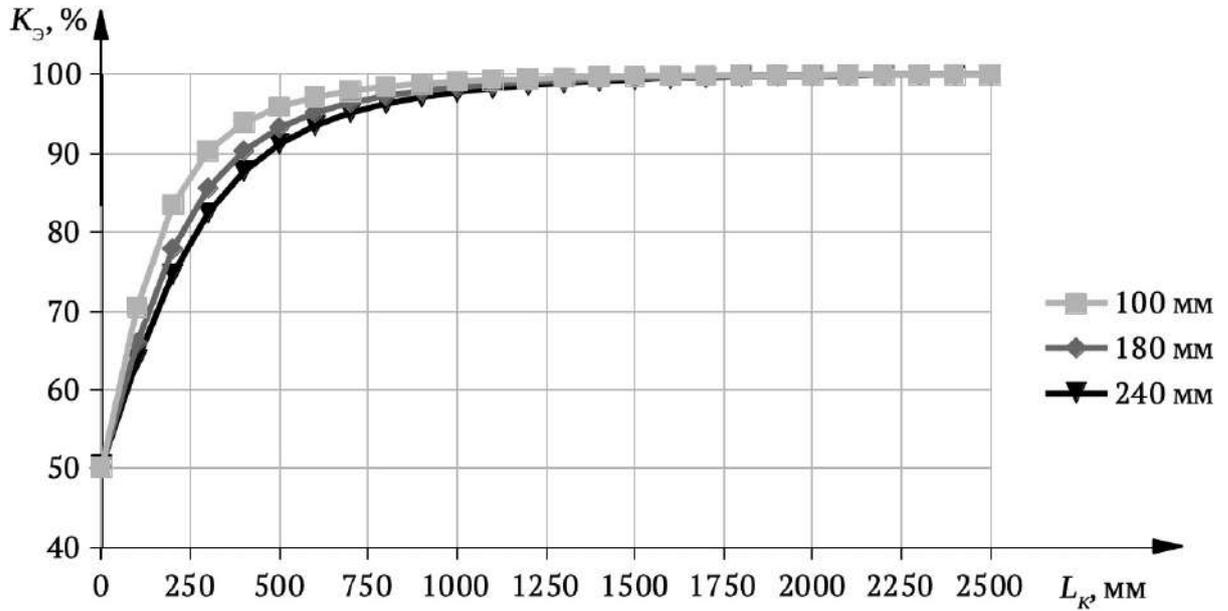


Рисунок 4.2 – Зависимость коэффициента эффективности от расстояния до границы испытательного шлейфа без скрещиваний (длина рамки испытательного шлейфа 5000 мм)

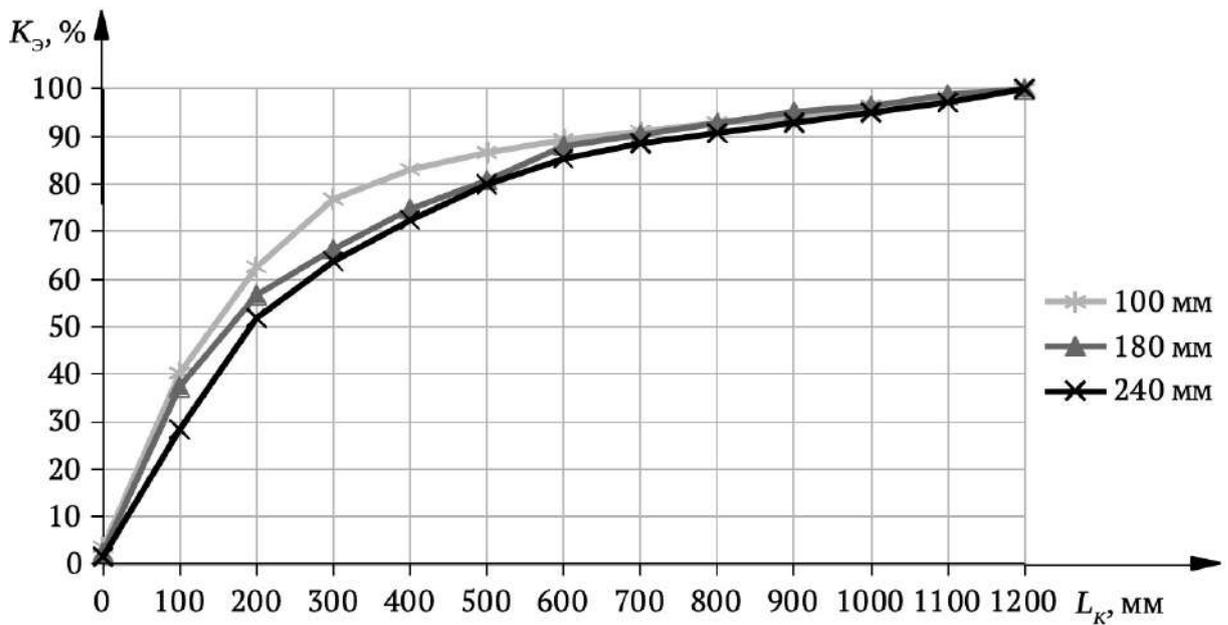


Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента эффективности от расстояния до границы испытательного шлейфа без скрещиваний (расстояние между соседними скрещиваниями 2500 мм)

Из результатов экспериментального исследования следует, что при длине рамки одновиткового испытательного шлейфа без скрещиваний менее 2000 мм (соответствует длине рамки переносных испытательных шлейфов) точность

измерения коэффициента эффективности при размещении приемных катушек на равном удалении относительно его границ не превысит 5 %. Т.е. для измерения коэффициента возврата локомотивного приемника потребуется действующее значение силы тока в испытательном шлейфе на 5 % больше номинального значения. Из результатов также следует, что критическая величина коэффициента эффективности испытательного шлейфа определяется по максимально допустимой высоте подвеса испытательного шлейфа.

Размещение приемных катушек на равном удалении от границ испытательного шлейфа или его скрещиваний позволяет обеспечить наибольшую точность измерения фактического порога срабатывания и коэффициента возврата локомотивного приемника. Вблизи скрещиваний на расстоянии, определенном в [57] как минимально допустимое, коэффициент эффективности испытательного шлейфа составляет для диапазона высот подвеса приемных катушек, установленного в [54], от 51,8 % до 62,5 %, что не позволяет осуществлять измерение коэффициента возврата локомотивного приемника при номинальных действующих значениях силы тока в испытательном шлейфе.

В заключении следует отметить, что полученные результаты не зависят от частоты сигнального тока (разница между коэффициентом эффективности для частот 25, 50 и 75 Гц для одних и тех же параметров испытательного шлейфа не превышает 1 %).

#### **4.3 Исследование электромагнитной обстановки на эксплуатируемом контрольном пункте**

Вопросу влияния электромагнитной обстановки на индуктивный канал связи «путь – локомотив» в условиях эксплуатации посвящено значительное число работ [189-196]. При этом задача оценки электромагнитной обстановки в условиях депо и ее влияния на работу КП АЛСН, за исключением [197], в литературе не поднимался и не решался.

Согласно [55] для защиты от действия помехи тягового тока при электрической тяге испытательные участки ограничивались изолирующими стыками с установкой дроссель-трансформаторов. Ограничение изолирующими стыками испытательного участка позволяет устранить экранирующее влияние короткозамкнутого контура, образованного рельсами и колесными парами смежных локомотивов. Защита оборудования КП АЛСН от внешних электромагнитных полей силового оборудования или линий освещения смотровых канав в источниках не предусматривалась. Недостатком шлейфов, выполненных согласно [55], также является невозможность проверки на одном испытательном участке более одного локомотива или одного электро- и дизельпоезда.

В [57] был существенно переработан раздел, посвященный организации испытательных шлейфов, которые скрещивались по всей длине испытательного участка через равные расстояния, за счет чего достигалась нейтрализация паразитной магнитной связи испытательного шлейфа с рельсами и появлялась возможность размещения на испытательном участке нескольких локомотивов одновременно. Ограждение испытательного участка допускалось осуществлять как с помощью межрельсовых стяжек (проводников, накоротко соединяющих рельсы одного пути), так и за счет уже известных изолирующих стыков. С точки зрения электромагнитной совместимости также появились требования, запрещающие размещение испытательных участков на путях, оборудованных рельсовыми цепями.

С появлением и последующим широким внедрением микропроцессорных устройств безопасности появились собственные требования к прокладке испытательных шлейфов, описанные в соответствующих руководствах по эксплуатации [58]. Требования руководств по эксплуатации к организации линий индуктивной связи и их электромагнитной совместимости с источниками помехи не отличались от вышеприведенных.

Рассмотренная нормативная документация в области проектирования и оборудования контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации с точки зрения электромагнитной совместимости имеет ряд недостатков, связанных

с отсутствием учета местных условий отдельных контрольных пунктов по размещению силового оборудования и линий питания устройств освещения смотровых канав.

Ввиду отсутствия в рассмотренных документах требований к электромагнитной совместимости испытательного оборудования контрольных пунктов с силовым оборудованием и линиями освещения была осуществлена оценка электромагнитной эмиссии последних на действующем КП АЛСН.

Для анализа влияния электромагнитных помех был выбран испытательный участок депо Орехово, расположенный на канаве № 84 [198]. Выбор такого полигона для экспериментального исследования объясняется наличием на данном участке сбоев при осуществлении проверки правильности функционирования основных устройств безопасности при номинальных действующих величинах силы тока в испытательном шлейфе.

Испытательный участок оборудован испытательным шлейфом и предназначен для проверки основных устройств безопасности одного двухсекционного локомотива. На обеих стенах смотровой канавы установлены светодиодные осветительные приборы, соединенные между собой линиями питания: по одной вдоль каждой стены. В непосредственной близости от приемных катушек одной из секций испытуемого локомотива располагается силовой трансформатор, обеспечивающий питание осветительных приборов и бортового оборудования испытуемых локомотивов. Линии питания осветительных приборов могут включаться отдельно. Взаимное расположение элементов на испытательном участке показано на рисунке 4.4.

Экспериментальная установка для исследования электромагнитной обстановки на действующем контрольном пункте содержала: источник полезного сигнала, подключенный к проводу испытательного шлейфа, источники помех: линия питания осветительных приборов под рассматриваемой приемной катушкой, линия питания осветительных приборов под противоположной приемной катушкой, силовой трансформатор; – а также приемные катушки испытуемого локомотива. К выводам исследуемой приемной катушки через

дифференциальный пробник PINTEK DP-25 (номер в государственном реестре средств измерений – 68228-17) подключен анализатор спектра ZETLAB A17-U8 (номер в государственном реестре средств измерений – 24718-03), который по шине USB соединен с персональным компьютером, выполняющим роль регистратора результатов измерений. В испытаниях принимал участие локомотив серии ВЛ10 № 220. Тип рельсов на испытательном участке – Р50. Действующее значение силы тока в шлейфе при проведении измерений – 2,5 А, частота сигнального тока – 50 Гц.

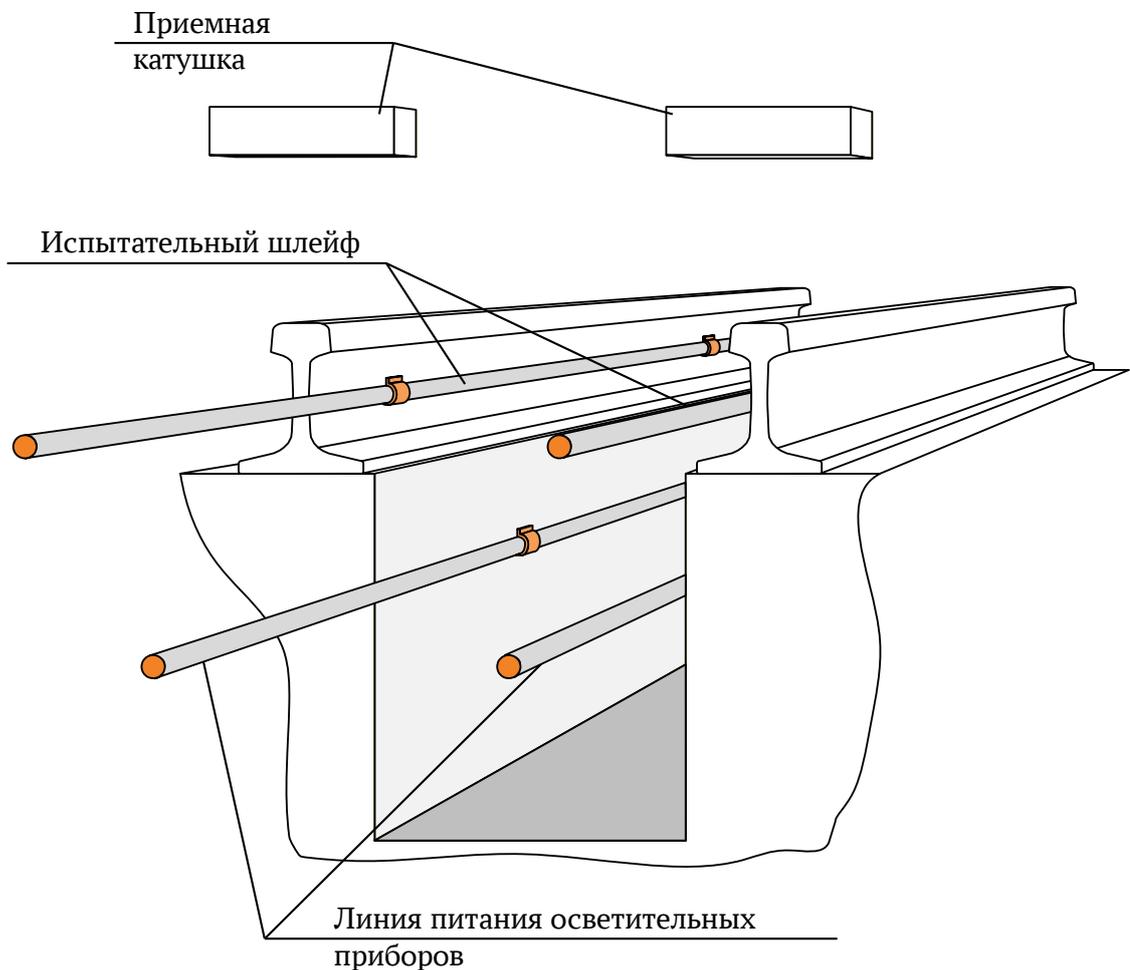


Рисунок 4.4 – Взаимное расположение элементов на испытательном участке депо Орехово

На рисунке 4.5 «а» показана осциллограмма смеси сигнала и помехи, наведенной в приемной катушке при выключенных силовом оборудовании и линиях питания осветительных приборов. На рисунке 4.5 «б» показана

осциллограмма смеси сигнала и помехи, наведенная в приемной катушке при включенном силовом трансформаторе и выключенных линиях питания осветительных приборов. На рисунке 4.5 «в» показана осциллограмма смеси сигнала и помехи, наведенная в приемной катушке при включенных силовом трансформаторе и линии питания осветительных приборов под рассматриваемой приемной катушкой. На рисунке 4.5 «г» показана осциллограмма смеси сигнала и помехи, наведенная в приемной катушке при включенных силовом трансформаторе и обеих линиях питания осветительных приборов. Осциллограмма сигнала при включенной противоположной относительно рассматриваемой приемной катушки линии питания осветительных приборов аналогична по уровню и форме осциллограмме при включенном силовом трансформаторе, поэтому не приводится. Для всех осциллограмм выбран одинаковый период отображения - 0,04 секунды, что соответствует двум периодам сигнала с частотой 50 Гц.

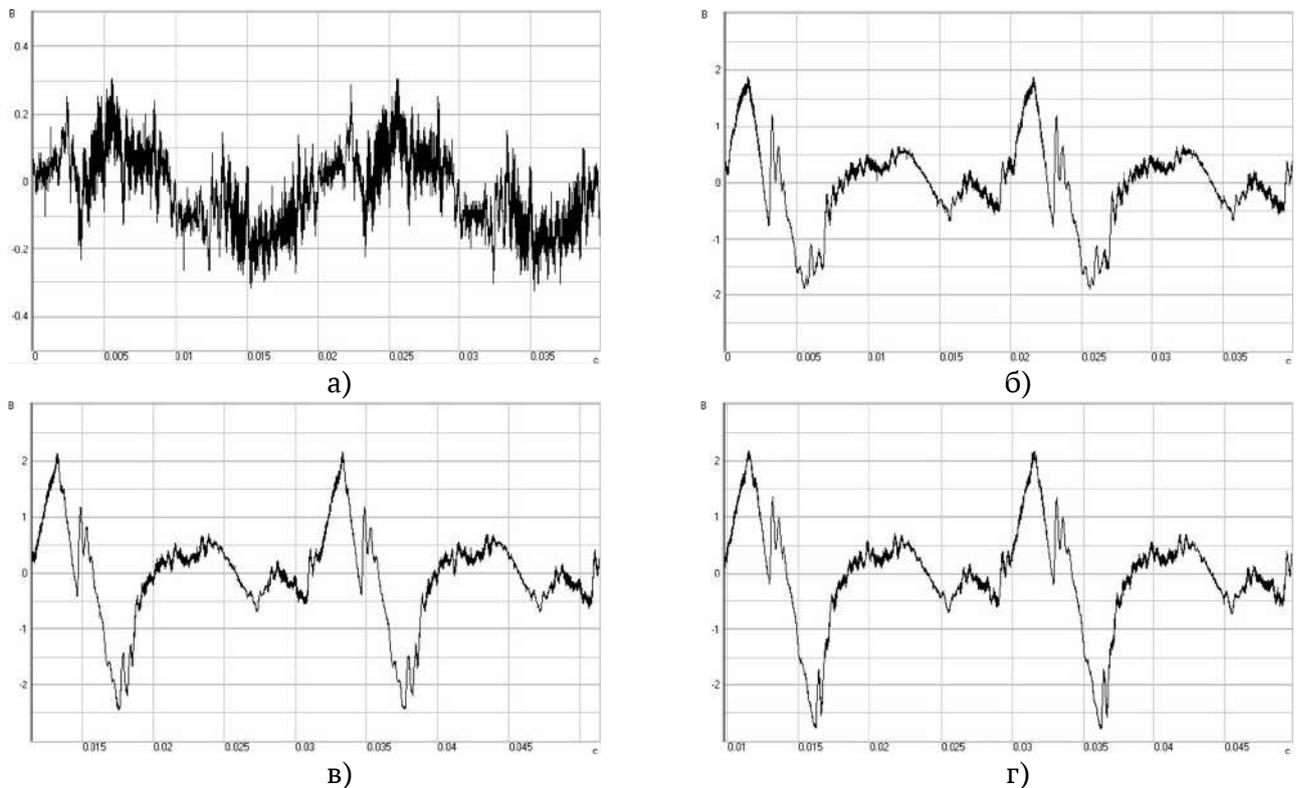


Рисунок 4.5 – Осциллограммы сигналов и помех в приемных катушках основных устройств безопасности

Из полученных осциллограмм следует, что при воздействии внешнего электромагнитного поля силового трансформатора уровень смеси сигнала и помехи в приемной катушке возрастает в пять-шесть раз. При этом существенно изменяется форма смеси сигнала и помехи, которая теперь определяется гармоникой, имеющей частоту 100 Гц (первая и третья четверти осциллограммы), что в два раза больше частоты полезного сигнала. При активных линиях питания осветительных приборов отрицательные полуциклы имеют большую амплитуду, чем положительные полуциклы. Вероятно, это связано с подмагничиванием сердечника приемной катушки под воздействием внешних полей силового трансформатора вместе с внешними полями линий питания осветительных приборов.

Далее определены нормированные спектры смесей сигнала и помехи, наводимых в приемной катушке, для оценки их частотного состава. Для обработки данных и получения спектров применялась система компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. Нормированный спектр смеси сигнала и помехи для выключенных силового трансформатора и линий питания осветительных приборов приведена на рисунке 4.6. Нормированный спектр для случая включенного силового трансформатора и выключенных линий питания осветительных приборов приведена на рисунке 4.7. Остальные спектры не строились, так как формы сигналов, наведенных в приемной катушке при активных линиях питания осветительных приборов, изменяются несущественно, что следует из рисунка 4.5.

Анализ спектров показывает, что в полосе от 0 до 1000 Гц при активном силовом трансформаторе основное мешающее воздействие вносит частота 100 Гц и ее гармоники. Такое мешающее воздействие на практике приводит к невозможности технического обслуживания основных устройств безопасности при номинальных действующих значениях силы тока в испытательном шлейфе.

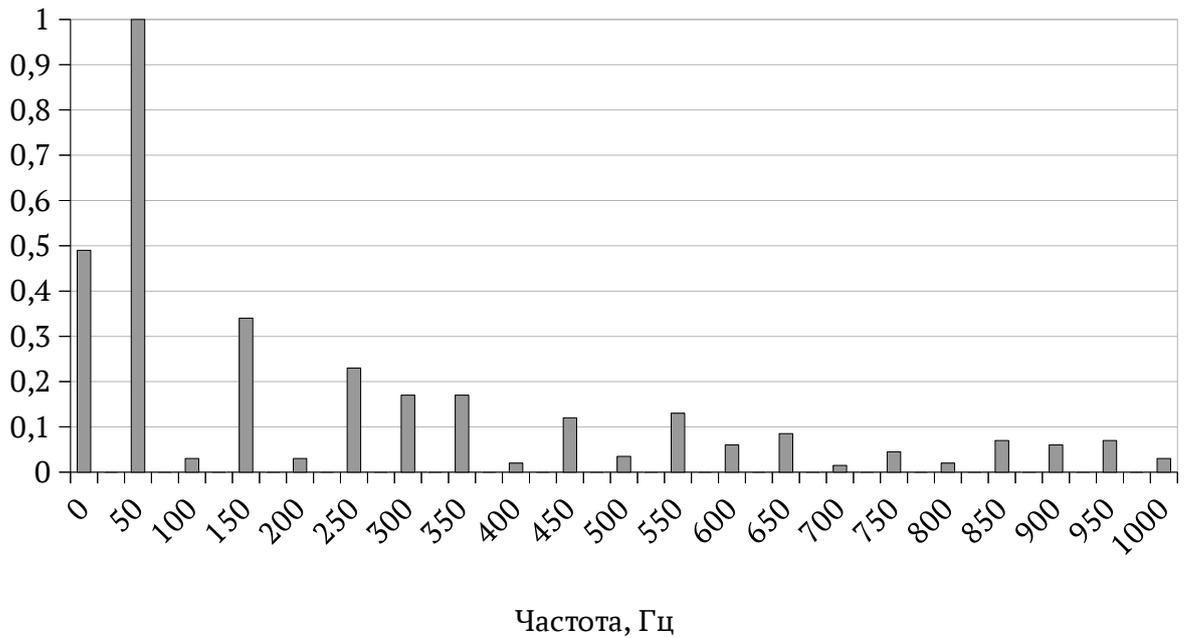


Рисунок 4.6 – Спектр смеси сигнала и помехи, наведенная в приемной катушке при выключенном силовом трансформаторе

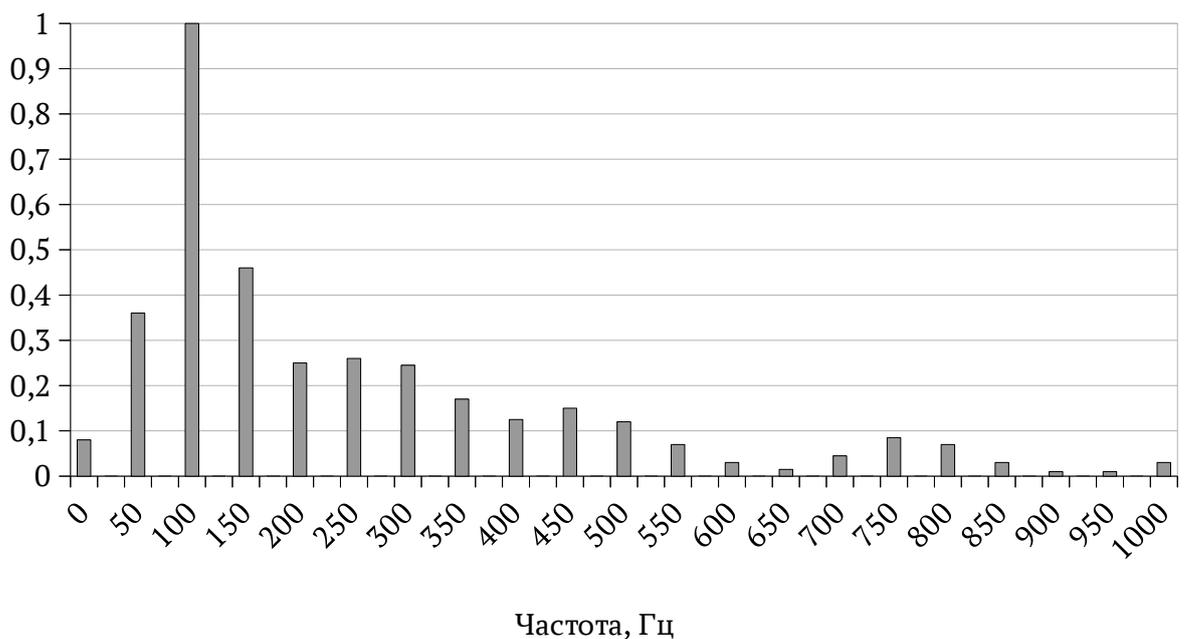


Рисунок 4.7 – Спектр смеси сигнала и помехи, наведенная в приемной катушке при включенном силовом трансформаторе

Полученные экспериментальные данные указывают на недопустимость прокладки рядом с проводами шлейфа силовой аппаратуры и проводников, предназначенных для обеспечения питания источников света. Возникающие между ними индуктивные связи приводят к наведению помехи в приемных

катушках, значительно искажающих по форме и спектральному составу полезный тестовый сигнал.

Исключить такое мешающее влияние возможно за счет формирования в нормативной документации соответствующих требований. Данные требования были сформулированы в рамках новой инструкции [59], а также в очередном изменении руководств по эксплуатации локомотивных устройств безопасности, в частности [25].

Среди основных требований к электромагнитной совместимости указана недопустимость размещения испытательного оборудования вблизи силового оборудования, в частности силовых трансформаторов. В соответствии с переработанным разделом, регламентирующим требования к проектированию, при разработке проекта необходимо обеспечить сбор информации о возможной электромагнитной обстановке в месте предполагаемого размещения испытательного оборудования. Также описано требование о запрете на проведение работ, способных приводить к воздействию помех на работу оборудования контрольных пунктов.

Сформированные требования позволят повысить качество обслуживания основных устройств безопасности на контрольных пунктах автоматической локомотивной сигнализации.

#### **4.4 Исследование влияния параметров кодовых комбинаций на работу локомотивных устройств безопасности**

Исследование влияния параметров кодовых комбинаций на работу основных устройств безопасности осуществлено на примере релейного дешифратора числового кода типа ДКСВ. Для косвенной оценки уровня помехоустойчивости комплекта оборудования локомотивных устройств безопасности в целом и блока дешифрации требуется определить взаимосвязь между принимаемой кодовой комбинацией и временем, необходимым на переключение сигнального показания локомотивного светофора. Опыт эксплуатации релейных локомотивных устройств

безопасности показывает, что время смены сигнального показания не всегда соответствует номинальному значению замедления СР на отпускание, полученному ранее в условиях контрольно-ремонтного пункта (при непрерывном питании). Следует отметить, что результаты исследований, объясняющих такое явление в открытых источниках обнаружены не были.

Необходимо оценить влияние длительности импульсов питания при приеме различных кодовых комбинаций на замедление СР на отпускание, а также определить взаимосвязь между определяемым в условиях контрольно-ремонтных пунктов значением замедления СР на отпускание и фактическим замедлением СР на отпускание при импульсном питании. Оценка этого времени позволит определить номинальный уровень помехоустойчивости работы релейного дешифратора ДКСВ и его границы, а также обосновать требования к системе тестовых воздействий для определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности. Схема экспериментальной установки для исследования показана на рисунке 4.8.

В качестве формирователя импульсов использовано герконовое реле EDR101A0500 (Z), обладающее замедлением на срабатывание / отпускание не более 1 мс. Таким образом обеспечивается точность длительностей формируемых экспериментальной установкой импульсов и пауз. Работой герконового реле управляет микроконтроллер ATmega328 с помощью программы, загружаемой в его память с использованием USB. Параметры длительностей импульсов, формируемых герконовым реле, а также длительность импульсов, формируемых фронтными контактами реле СР, регистрируется с использованием анализатора спектра ZETLAB A17-U8 (номер в государственном реестре средств измерений – 24718-03).

По разности между временем окончания поступления импульсов питания и до момента размыкания фронтных контактов СР определялось замедление СР на отпускание. Как уже отмечалось выше, время питания реле СР в импульсном режиме зависит от типа кодовой комбинации. При этом ключевую роль также играет и тип кодового путевого трансмиттера. Очевидно, что КПТ-7 в сравнении с

КПТ-5 будет создавать худшие условия по питанию, т.к. имеет большую длительность кодовой комбинации.

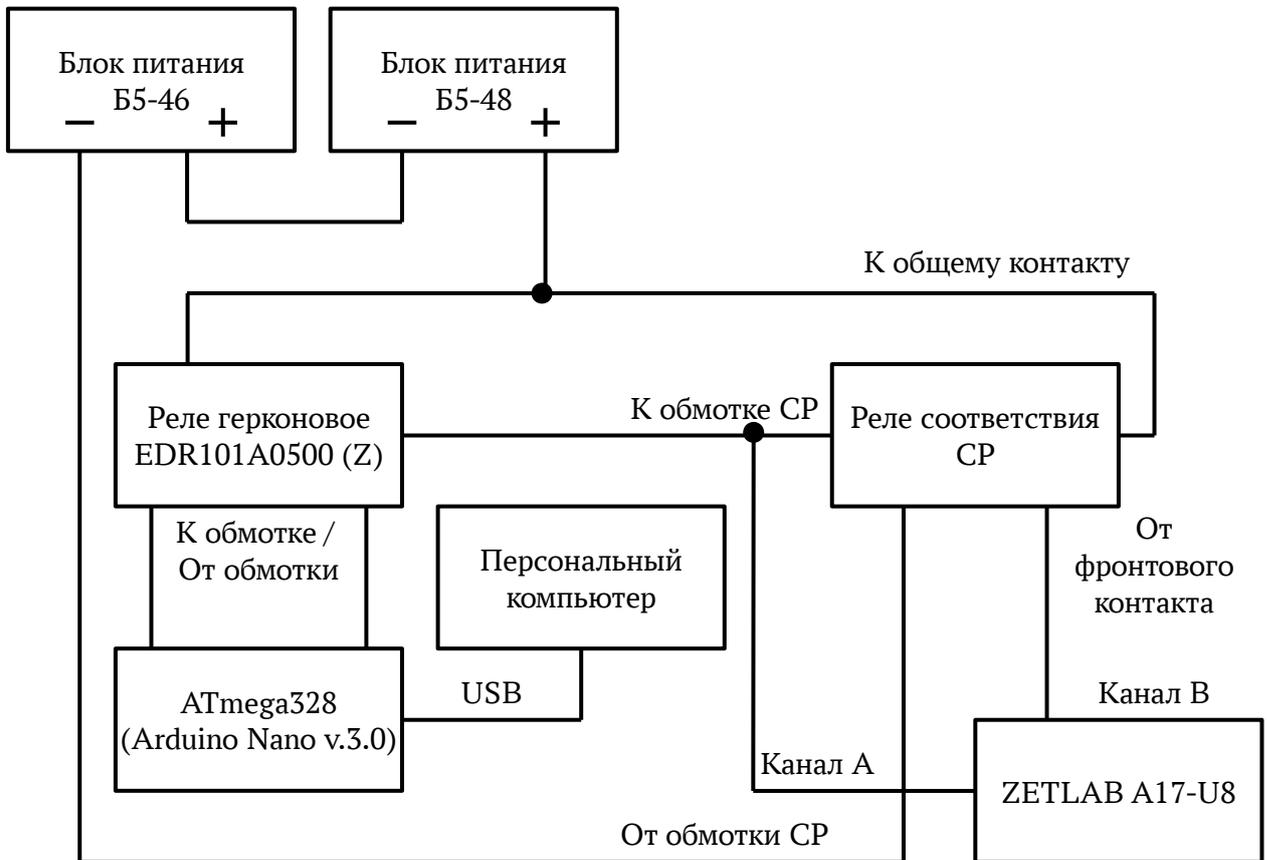


Рисунок 4.8 – Схема экспериментальной установки для исследования работы реле СР в импульсном режиме

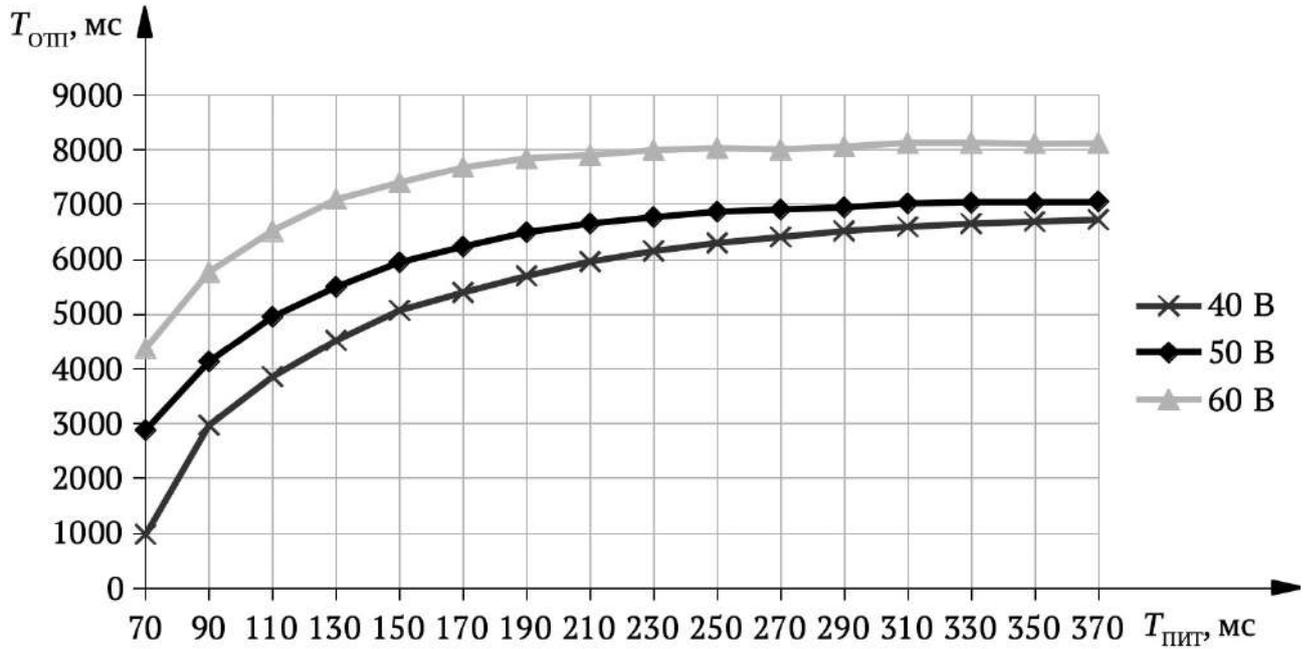
В качестве основы для исследования влияния импульсов питания принимаются кодовые комбинации типа КПТ-7, имеющие цикл длительностью 1860 мс. Для исследования на обмотку реле СР подаются кодовые комбинации, соответствующие длительностям импульсов питания: для кодовой комбинации типа «КЖ» в диапазоне от 70 до 310 мс (с шагом 20 мс), для кодовых комбинаций типа «Ж» и «З» – от 100 до 900 мс (с шагом 50 мс). Для обеспечения номинального для данной длительности импульса питания замедления реле СР подается не менее 10 импульсов питания для кодовой комбинации типа «КЖ» и не менее 5 импульсов питания для кодовых комбинаций типа «Ж» и «З».

В результате эксперимента получены следующие кривые (рисунок 4.9 – для работы СР при приеме кодовой комбинации типа КЖ, рисунок 4.10 – для работы СР при приеме кодовых комбинаций типа Ж и З, рисунок 4.11 – сопоставление работы СР при приеме кодовых комбинаций типа КЖ и Ж, З).

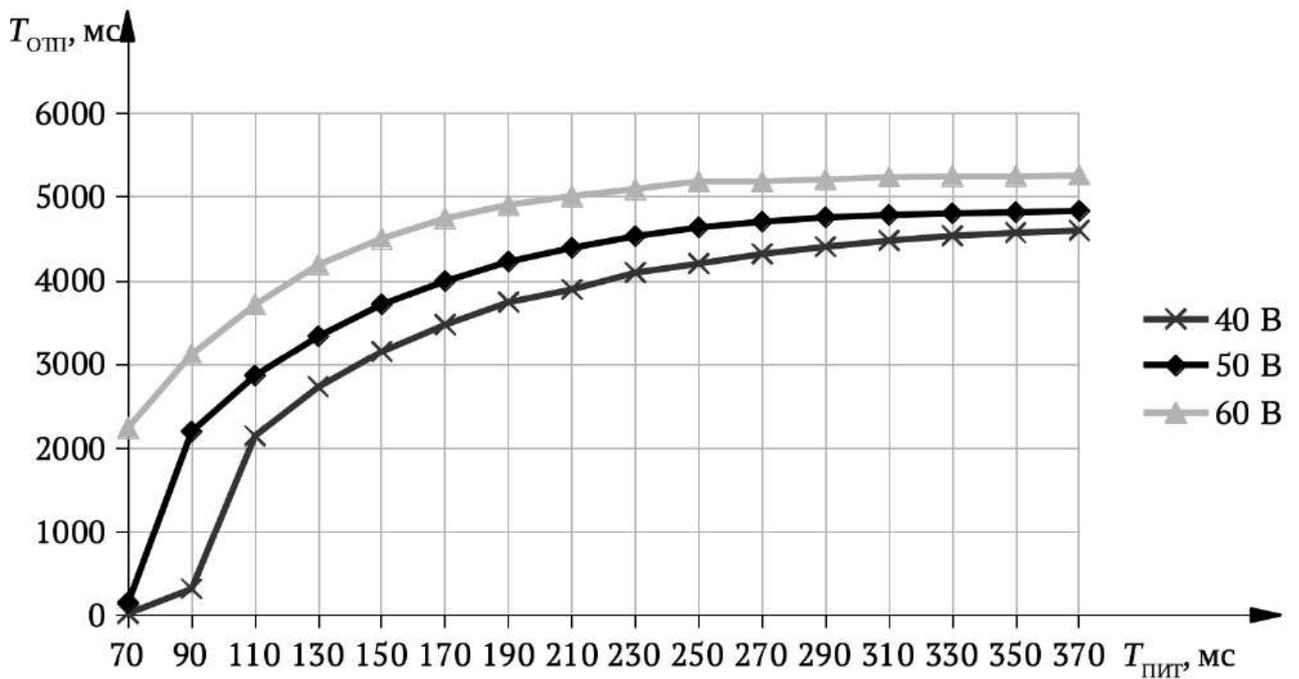
Из представленных на рисунках 4.9 – 4.11 графиков следует, что наихудшим режимом работы СР по питанию при одном и том же виде КПТ является прием кодовых комбинаций типа Ж. Этот режим обеспечивает время замедления реле СР на отпускание на 8,5 % меньше, чем при коде типа КЖ с аналогичным минимальным по длительности импульсом питания (280 мс за цикл) и на 11,2 % меньше, чем при коде типа З (значение приведены относительно замедления при минимально возможном импульсе питания при кодовой комбинации типа З – 740 мс). При этом замедление на отпускание СР при приеме кодовой комбинации типа КЖ меньше аналогичного времени для кодовой комбинации типа З на 3,1 % (относительно минимального времени питания реле СР за одну кодовую комбинацию типа КЖ, равного 280 мс).

Основываясь на том, что замедление на отпускание реле СР при приеме кодовой комбинации типа З равно в пределах погрешности измерений замедлению СР на отпускание при непрерывном питании, и том, что замедление на отпускание при приеме кодовой комбинации типа КЖ при напряжении питания 50 В отличается незначительно, критическим замедлением на отпускание реле СР будет считаться характеристика при кодовой комбинации типа Ж для КПТ-7.

Из приведенных характеристик видно, что с ростом напряжения питания возрастает и замедление на отпускание СР, также возрастает диапазон значений длительностей импульсов питания, при котором значение замедления незначительно (не более чем на 5 %) отличается от аналогичной характеристики при непрерывном питании (для напряжения 40 В диапазон значений импульсов питания начинается от 550 мс, для напряжения 50 В – от 400 мс, для напряжения питания 60 В – от 350 мс).

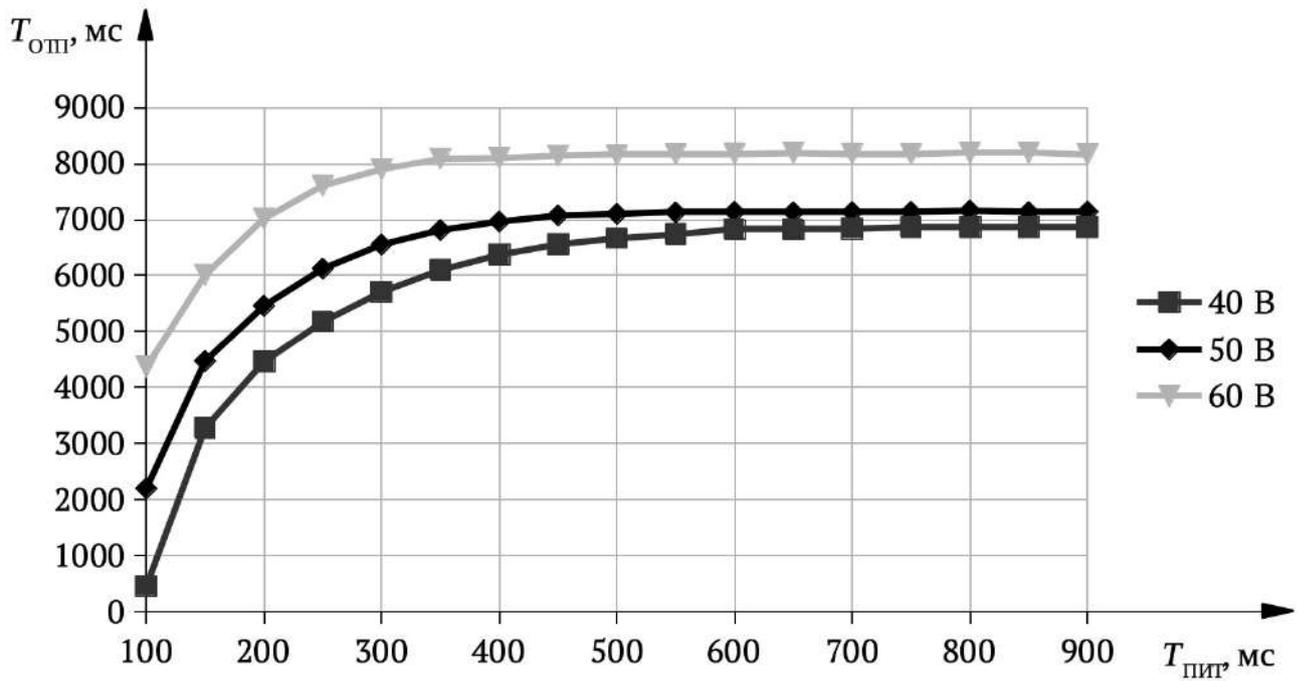


Замедление СР на отпусkanie при непрерывном питании 50 В – 7049 мс

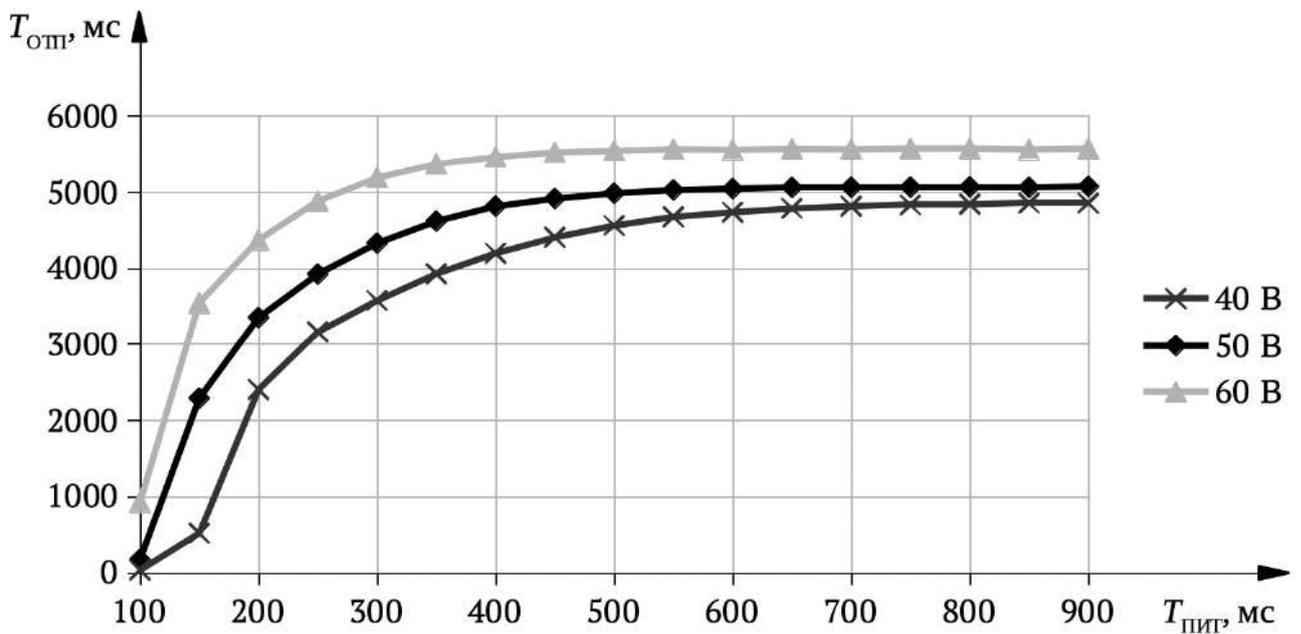


Замедление СР на отпусkanie при непрерывном питании 50 В – 4841 мс

Рисунок 4.9 – Зависимость времени замедления СР на отпусkanie от длительности импульсов питания при приеме кодовых комбинаций типа КЖ



Замедление СР на отпусkanie при непрерывном питании 50 В – 7159 мс



Замедление СР на отпусkanie при непрерывном питании 50 В – 5071 мс

Рисунок 4.10 – Зависимость времени замедления СР на отпусkanie от длительности импульсов питания при приеме кодовых комбинаций типов Ж и З

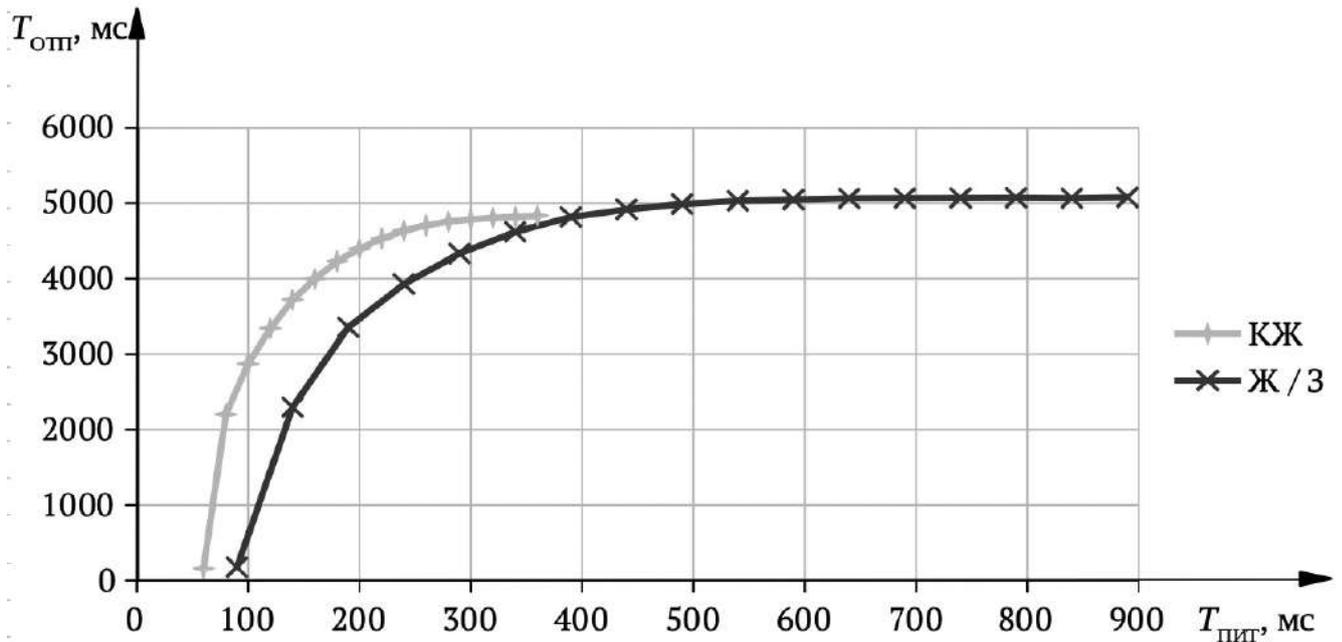


Рисунок 4.11 – Сопоставление времени замедления СР на отпускание от длительности импульсов питания при приеме кодированных комбинаций типов КЖ и Ж, З

Также, при снижении напряжения питания с 50 до 40 В в диапазоне длительностей импульса питания за период СР при кодированной комбинации типа Ж замедление СР снижается не более чем на 20 %. С повышением напряжения питания с 50 до 60 В аналогичный показатель составляет также на величину не более 20 % по отношению к аналогичной характеристике при напряжении питания 50 В.

Из полученных характеристик следует, что с ростом замедления СР возрастает диапазон значений длительностей импульсов питания при одном и том же напряжении, при которых реле дает замедление не менее минимально допустимого – 5,0 с (550 мс для регулировки с замедлением на отпускание при непрерывном питании 5077 мс и 200 мс для регулировки с замедлением на отпускание при непрерывном питании 7140 мс). Это позволяет предполагать, что СР будет менее чувствительно к изменениям временных характеристик реле-счетчиков, участвующих в его цепи питания, с ростом его замедления на отпускание.

Исходя из полученных экспериментальных данных можно утверждать, что, во-первых, сниженное напряжение питания само по себе способно привести к резкому снижению уровня помехоустойчивости АЛСН ввиду снижения основной характеристики, связанной с уровнем помехозащищенности аппаратуры, – временем замедления на отпускания СР. Во-вторых, стабильность временных характеристик СР при напряжениях питания 50 В и более позволяет утверждать, что его время замедления определяется в первую очередь его собственной регулировкой. Регулировка реле-счетчиков при этом должна гарантировать лишь достаточное поступление энергии к обмотке СР, что, как установлено экспериментально, возможно в достаточно более широком диапазоне замедлений на отпусkanie при кодовой комбинации типа З.

Наихудшим с точки зрения питания реле СР является режим работы при приеме кодовых комбинаций типа Ж КПП-7, так как диапазон длительностей импульса питания (280 – 370 мс) за один период, как правило, почти не пересекается с диапазоном значений импульсов питания за период, незначительно отличающихся от времени замедления СР на отпусkanie при непрерывном питании.

Главной характеристикой номинального уровня помехоустойчивости работы релейного дешифратора типа ДКСВ является время замедления СР на отпусkanie в импульсном режиме питания при прекращении приема кодовых комбинаций типа Ж при минимальной величине замедления СР на отпусkanie при непрерывном питании, измеряемом в условиях контрольно-ремонтных пунктов. Аналогичный принцип, основанный на особенностях принятия блоком дешифрации решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора, следует использовать при оценке помехоустойчивости работы других локомотивных устройств, в том числе на микропроцессорной элементной базе.

#### 4.5 Выводы по главе

В результате анализа результатов экспериментального исследования возможно сформулировать следующие выводы:

1 Результаты экспериментального исследования подтвердили ранее полученные результаты моделирования коэффициента эффективности испытательного шлейфа. При существующих в нормативной документации требованиях для размещения приемных катушек вдоль испытательного шлейфа определение уровня помехоустойчивости локомотивных устройств безопасности при номинальных уровнях действующих значений силы тока оказывается невозможен, т. к. коэффициент эффективности испытательного шлейфа находится в диапазоне 0,45 – 0,67. При указанных значениях ошибка определения фактического порога срабатывания локомотивного приемника составляет от 50 до 120 процентов.

2 Экспериментальное исследование показало, что размещение силового оборудования, в частности силовых трансформаторов, вблизи приемных катушек испытуемых локомотивных устройств безопасности может приводить к изменению уровней и частотного состава смеси сигнала и помехи, наводимой в них. Последнее является одной из причин невозможности проверки оборудования при номинальных действующих значениях силы тока, что следует учитывать при анализе получаемых результатов.

3 Исследование работы блока дешифрации при приеме кодовых комбинаций с измененными параметрами, осуществленное на примере дешифратора числового кода, показал, что наихудшие условия при принятии решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора возникают при приеме кодовых комбинаций типа Ж. Время, затрачиваемое на принятие решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора, после прекращения приема кодовых комбинаций типа Ж определяет номинальный уровень помехоустойчивости. Данный критерий применим как к релейным, так и к микропроцессорным устройствам безопасности.

Полученные в данной главе экспериментальные результаты имеют расхождение с результатами моделирования не более 5 %. Результаты были учтены при разработке нормативной документации, регулирующей устройство испытательных участков контрольных пунктов, технических решений и методов для определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности.

## **Глава 5. Разработка методов и технических решений для повышения качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах**

### **5.1 Разработка системы тестовых воздействий для определения характеристик локомотивных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора**

Система тестовых воздействий предназначена для определения характеристик локомотивных устройств безопасности, влияющих на изменение сигнального показания локомотивного светофора. Для характеристики работы блока дешифрации и комплекта оборудования в целом впервые вводится понятие алгоритма принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора (для релейного дешифратора типа ДКСВ – алгоритма работы реле СР). Алгоритм принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора характеризуется порогом чувствительности локомотивного дешифратора к помехе при принятии решения о переключении огня локомотивного светофора, при котором сигнальное показание на локомотивном светофоре не изменяется (для релейного дешифратора СР удерживает свой якорь) в течение  $N$  числа кодовых комбинаций, во время последовательных  $N - 1$  из которых на вход блока дешифрации сигнал не подается.

Варианты алгоритмов принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора определяются на основании временных диаграмм работы ДКСВ при различных сигнальных показаниях локомотивного светофора и типов кодовых комбинаций на его входе. Из результатов анализа временных диаграмм следует, что возможны алгоритмы работы, приведенные в таблице 5.1.

**Штатным (номинальным)** алгоритмом будем называть алгоритм, при котором при отсутствии на входе последовательно  $N - 1$  числа кодовых комбинаций установленного типа КПП блок дешифрации, временные параметры

реле которого соответствуют нормативным показателям (для релейного дешифратора замедление СР на отпускание является минимально допустимым – 5,0 с), не изменяет показания локомотивного светофора.

Таблица 5.1 – Алгоритмы принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора

Тип кодовой комбинации	Тип КПТ	Штатный (номинальный) алгоритм	Возможный алгоритм
КЖ	КПТ-5	1 из 6	1 из 7
	КПТ-7	1 из 5	1 из 6
Ж	КПТ-5	1 из 3	-
	КПТ-7	1 из 2	-
З	КПТ-5	1 из 3	1 из 4
	КПТ-7	1 из 3	-

**Возможный** алгоритм подразумевает, что при отсутствии на входе последовательно  $N - 1$  кодовых комбинаций установленного типа КПТ блока дешифрации, временные параметры реле которого соответствуют нормативным показателям (для релейного дешифратора замедление СР на отпускание свыше 5,0 с, но не более 6,0 с), не изменяет показания локомотивного светофора. Если временные параметры реле схемы декодирования кодовых комбинаций не соответствуют норме и / или замедление СР не соответствует установленным параметрам, то будут выполняться так называемые алгоритмы низкой помехоустойчивости. Так, для кодовой комбинации желтый с красным (КЖ) кодовых путевых трансмиттеров КПТ-5 к таким алгоритмам относятся «1 из 1», «1 из 2», «1 из 3», «1 из 4» и «1 из 5».

На основании таблицы 5.1 оказывается возможным провести классификацию дешифраторов и комплектов оборудования локомотивных устройств безопасности по степени их помехоустойчивости. Если не выполняется хотя бы один штатный алгоритм, то такой уровень соответствует **низкой**

**помехоустойчивости.** Если выполняются все штатные алгоритмы, то оборудование имеет **номинальный уровень помехоустойчивости.** Выполнение всех возможных алгоритмов принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора подразумевает **высокий уровень помехоустойчивости** работы оборудования. Превышению верхней границы замедление на отпускание реле СР – 6,0 с – соответствует алгоритм «1 из 8» кодовой комбинации КЖ КПТ-5. Такой алгоритм принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора является **критическим** и его выполнение соответствует опасному техническому состоянию основного локомотивного устройства безопасности требований по безопасности – время переключения огней локомотивного светофора превышает нормативное, заложенное конструктивными особенностями отрегулированного по норме оборудования.

С учетом этого была составлена система тестовых воздействий для оценки уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности [162, 199-200]. Для осуществления проверки на помехоустойчивость комплекта локомотивных устройств безопасности (и локомотивного дешифратора ДКСВ в отдельности) предлагается осуществлять проверки алгоритмов принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора в следующем порядке:

- Ж; КПТ-5; 1 из 3;
- Ж; КПТ-7; 1 из 2; \*
- КЖ; КПТ-5; 1 из 6;
- КЖ; КПТ-7; 1 из 5; \*
- З; КПТ-5; 1 из 3;
- З; КПТ-7; 1 из 3; \*
- КЖ; КПТ-5; 1 из 7;
- КЖ; КПТ-7; 1 из 6;
- З; КПТ-5; 1 из 4;
- КЖ; КПТ-5; 1 из 8.

Ранжирование осуществлено в соответствии с условиями импульсного питания СР для различных типов кодовых комбинаций: от наихудших к наилучшим. Таким образом, если не будет выполнен алгоритм работы СР «Ж; КПТ-5; 1 из 3», то осуществлять последующие проверки нет необходимости. Дешифратор обладает низкой помехоустойчивостью и требуется его регулировка в условиях контрольно-ремонтного пункта.

Перед осуществлением проверки любого из указанных алгоритмов необходимо обеспечить формирование и передачу в линию индуктивной связи для кодовых комбинаций типа КЖ – не менее шести номинальных кодовых комбинаций указанного типа кодовой комбинации и типа КПТ, – а для кодовых комбинаций Ж и 3 – не менее трех номинальных кодовых комбинаций соответствующего типа кодовой комбинации и типа КПТ.

Предлагаемая система тестовых воздействий может быть использована и для проверки соответствия сигнальных показаний локомотивного светофора сигналам, передаваемым с пути. Для этого достаточно после каждой из проверок, помеченных звездой, формировать паузу длительностью не менее 8 секунд, после которой формируются кодовые комбинации следующей проверки. Таким образом возможно осуществить проверку переключения сигнала локомотивного светофора на белый огонь после приема кодовых комбинаций типа Ж и 3 и на красный огонь после приема кодовых комбинаций типа КЖ. При этом перед последующей проверкой следует формировать сигналы соответствующих типа КПТ и кодовой комбинации не менее 25 секунд (замедление на включение разрешающего огня локомотивного светофора после белого огня плюс запас в одну-две кодовые комбинации).

Такая система тестовых воздействий была впервые внедрена при разработке технологии автоматизированной проверки релейной аппаратуры АЛСН с применением блока автоматизированного выявления причин низкой помехоустойчивости релейной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа с использованием стенда ПК-КОД (БОПС). Соответствующий стенд разработан в 2018 г. специалистами Российского

университета транспорта (МИИТ) и АО «НИИАС» по заказу Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД» в рамках плана научно-технического развития ОАО «РЖД» [201, 202]. Опытный образец стенда был изготовлен ЗАО «Ассоциация АТИС», г. Санкт-Петербург.

Система тестовых воздействий была использована при разработке Общих технических требований на устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ [203].

Для оценки значения **коэффициента возврата** локомотивного приемника следует использовать следующие тестовые воздействия (рисунок 5.1).

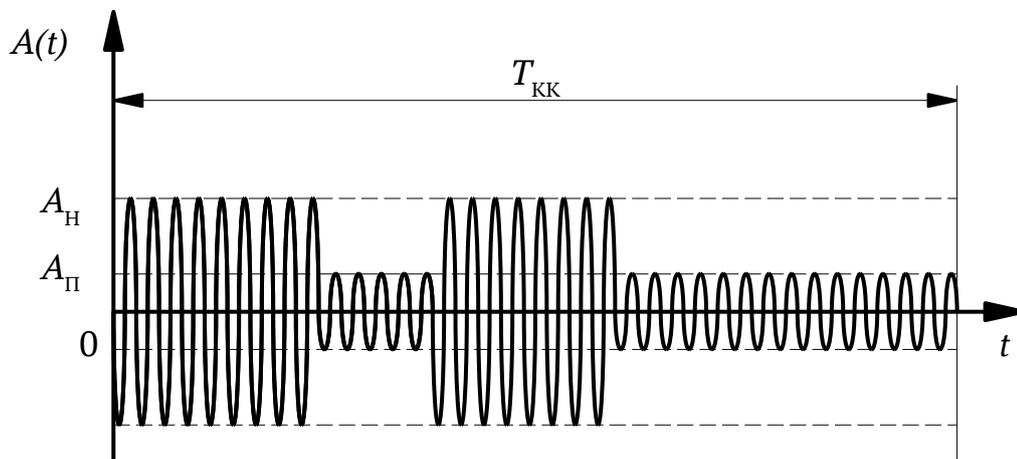


Рисунок 5.1 – Тестовое воздействие для оценки коэффициента возврата локомотивного приемника на примере одной кодовой комбинации числового кода

Используя типовые кодовые комбинации Ж различных КПТ (в данном случае КПТ-5 предпочтительнее) формируются импульсы и паузы с величиной действующего значения силы тока, соответствующей номинальной  $A_H$ , в то время как паузы заполняются соответствующими импульсами тока с величиной, меньшей нормативного  $A_П$  с заданным шагом для определения порога отпадания. Так для частот 25, 50 и 75 Гц шаг может быть выбран равным 0,1 А, для АЛС-ЕН – 0,02 А. Для каждого значения  $A_П$ , начиная с  $A_П = 0$ , последовательно в линию индуктивной связи подается три кодовые комбинации с длительностью периода  $T_{КК}$  (длительность периода, импульсов и пауз в кодовой комбинации соответствует КПТ-5). Значение  $A_П$  увеличивают до тех пор, пока на локомотивном светофоре не

выключится желтый огонь. После этого фиксируется значение  $A_{\text{п}}$ , предшествующее значению, при котором произошло выключение желтого огня локомотивного светофора. Затем рассчитывается искомый коэффициент возврата локомотивного приемника как отношение  $A_{\text{п}}$  к  $A_{\text{н}}$ .

Следует стремиться к тому, чтобы коэффициент возврата локомотивного приемника был в диапазоне 0,75 – 0,90. Слишком низкое значение коэффициента возврата может приводить к увеличению числа сбоев в работе локомотивного приемника из-за действия помехи, а слишком высокое значение может приводить к «расщеплению» импульсов кодовых комбинаций и нарушению условий по питанию для реле-счетчиков дешифратора.

Выбор кодовой комбинации Ж для данного типа тестовых воздействий обусловлен тем, что при ней наблюдаются наихудшие условия по питанию СР и переключение сигнального показания локомотивного светофора осуществляется быстрее, что было доказано в третьей главе. Это значительно сокращает время осуществления измерения коэффициента возврата локомотивного приемника.

Таким образом для определения уровня помехоустойчивости работы локомотивных устройств безопасности предлагается выполнить следующую последовательность операций с использованием предложенных тестовых воздействий:

- измерение коэффициента асимметрии ЭДС, наведенных в приемных катушках основного локомотивного устройства безопасности (немодулированный сигнал с любым значением частоты несущей);
- определение коэффициента возврата локомотивного приемника;
- определение уровня помехоустойчивости комплекта локомотивных устройств безопасности.

Предложенные тестовые воздействия внедрены при разработке устройства комплексной проверки автоматической локомотивной сигнализации типа УКП-АЛС. Количество испытаний может быть определено с использованием метода доверительного интервала [204].

## 5.2 Разработка методики выбора конструкции и условий эксплуатации переносных испытательных шлейфов без скрещиваний

Исходя из результатов моделирования, описанных во второй главе, можно составить следующую методику выбора конструкции и условий эксплуатации переносных испытательных шлейфов без скрещиваний:

1) Выбрать желаемую точность  $K_T$  измерения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности (должна составлять не менее 1,0 %). Ограничить минимальную величину коэффициента эффективности испытательного шлейфа по формуле (5.1):

$$K_{\text{эф}}^{\text{MIN}} = \frac{100 - K_T}{100} ; \quad (5.1)$$

2) Определить максимальную допустимую высоту подвеса приемной катушки относительно УГР в соответствии с нормативной документацией;

3) Определить максимальную величину  $I_I^{\text{MAX}}(f)$  действующего значения силы тока, необходимого для измерения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности для всех частот  $f$  несущего сигнала;

4) Определить число  $N_B$  витков переносного испытательного шлейфа с учетом максимального действующего значения силы тока  $I_G^{\text{MAX}}$ , формируемой генератором переносного устройства проверки АЛС (с учетом усилителя), по формуле (5.2):

$$N_B = \left\lceil \frac{I_I^{\text{MAX}}}{I_G^{\text{MAX}}} \right\rceil . \quad (5.2)$$

В случае необходимости минимизации габаритов рамки испытательного шлейфа может быть использован генератор тока (или усилитель) со значением

силы тока на его выходе  $I_{\Gamma}^{MAX} > I_{И}^{MAX}$ . В этом случае величина  $N_B$  может быть принята не целой, меньше единицы (5.3):

$$N_B = \frac{I_{И}^{MAX}}{I_{\Gamma}^{MAX}} ; \quad (5.3)$$

5) Если число  $N_B > 1$ , то определяют действующую величину коэффициента эффективности испытательного шлейфа  $K_{\text{эф}}^D$  по формуле (5.4):

$$K_{\text{эф}}^D = K_{\text{эф}}^{MAX} / N_B . \quad (5.4)$$

Если  $N_B = 1$ , то  $K_{\text{эф}}^D = K_{\text{эф}}^{MAX}$ .

Действующий коэффициент эффективности испытательного шлейфа без скрещиваний учитывает увеличение коэффициента эффективности испытательного шлейфа в  $N_B$  раз при выполнении его из  $N_B$  витков.

6) Определить высоту  $h_{ИШ}$  прокладки испытательного шлейфа относительно УГР (может быть принята по [59]);

7) Рассчитать минимально допустимую длину испытательного шлейфа без скрещиваний  $l_F^{MIN}$  при заданных параметрах по п. 1 – 5 (5.5):

$$l_F^{MIN} = \frac{h_{ЛК}^{MAX} + h_{ИШ}}{\sqrt{\frac{N_B}{2 K_{\text{эф}}^D} - 0,25}} . \quad (5.5)$$

Формула (5.5) получена путем преобразования выражения (3.4).

8) При необходимости уточнить длину  $l_F$  рамки испытательного шлейфа и / или количество  $N_B$  витков. Рекомендуется принимать  $l_F = 1,05 \cdot l_F^{MIN}$  с учетом особенностей прокладки испытательного шлейфа и необходимости его разделки.

9) Если по результатам разработки  $l_F$  принята равной  $l_F^{MIN}$ , то в руководстве по эксплуатации или ином документе следует указывать, что приемную катушку следует располагать строго посередине переносного

испытательного шлейфа. Если принято  $I_F > I_F^{MIN}$ , то в руководстве по эксплуатации следует указывать, что приемную катушку следует располагать не ближе расстояния  $0,5 I_F^{MIN}$ .

Основные положения разработанной методики описаны в [176]. Следует отметить, что предложенная методика может быть использована и при создании возимых технических средств для контроля помехоустойчивости работы основных устройств безопасности, в том числе при дальнейшем развитии уже известного модуля диагностики приемных катушек и приемника сигналов автоматической локомотивной сигнализации МД-АЛСН [205].

### **5.3 Разработка технических решений для определения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности**

С учетом основных тенденций развития устройств проверки АЛС, выявленных в первой главе, а также с учетом результатов моделирования влияния конфигурации испытательного шлейфа на оценку порога срабатывания локомотивного приемника и влияния индуктивной связи «шлейф – рельсы» были предложены следующие варианты устройств проверки автоматической локомотивной сигнализации в условиях контрольных пунктов [107, 206, 207].

В [107, 206] изложены существенные признаки устройства для комплексной диагностики аппаратуры в условиях испытательных участков контрольных пунктов депо.

Структурная схема технического решения показана на рисунке 5.2.

В начальный момент времени оператор, готовя устройство к эксплуатации, вводит с помощью блока ввода данных 1 информацию об испытуемом локомотиве (серия, номер, род тяги, переменный или постоянный ток), типе проверки и ответственном лице. Данная информация, поступая на вход блока управления 2, инициирует формирование необходимой последовательности тестовых сигналов в блоке формирования воздействий 3.



Формируемые блоком формирования воздействий 3 сигналы представляют собой известные рабочие и описанные в разделе 5.1 тестовые воздействия. Тестовые сигналы могут быть записаны в виде отдельных файлов в блоке памяти 18.

При контроле функционирования локомотивной аппаратуры в первом и втором индукторах 5 и 6 протекают токи, величина которых позволяет создать электромагнитное поле, эквивалентное создаваемому током в рельсах (в условиях эксплуатации; здесь и далее, если не указано иное, имеются ввиду действующие значения силы тока). Последовательное или параллельное соединение первого и второго индукторов обеспечивается посредством блока коммутации 4. Суммарная ЭДС, наведенная от первого и второго индукторов 5 и 6 в первой и второй приемных катушках 8 и 9 поступает при тяге постоянного тока на вход локомотивного усилителя 11, а при тяге переменного тока на вход локомотивного фильтра 10, выход которого соединен со входом локомотивного усилителя 11. С выхода локомотивного усилителя 11 сигнал поступает на вход локомотивного дешифратора 12, который определяет тип кодовой комбинации и управляет работой электропневматического клапана и локомотивного светофора (на рисунке 5.2 не показаны).

Следует отметить, что взамен индукторов 5 и 6 могут быть использованы линии индуктивной связи: испытательные шлейфы или рельсовые линии (на рисунке 5.2 не показаны).

Контроль функционирования аппаратуры осуществляется путем снятия сигналов со входов и выходов приемных катушек, усилителя и дешифратора с помощью блока подключения 13. Снимаются следующие величины:

- 1) напряжение питания релейной аппаратуры между клеммами К5 и К4;
- 2) напряжение на частоте сигнального тока на входе усилителя – между клеммами К2 и К1 (для случая автономной тяги этот параметр отражает суммарную электродвижущую силу (ЭДС), наведенную в локомотивных приемных катушках);

3) суммарное напряжение на частоте сигнального тока, наведенное в локомотивных катушках – на входе локомотивного фильтра (для случая тяги переменного тока);

4) длительность импульсов на выходе локомотивного усилителя – клемма К-6 относительно К4 (высокий уровень сигнала указывает на наличие импульса, низкий – на наличие паузы);

5) уровень сигнала на лампе зеленого огня локомотивного светофора – клемма К3-7 относительно К4 (высокий уровень – горение лампы, низкий – лампа погашена);

6) уровень сигнала на лампе желтого огня локомотивного светофора – клемма К3-6 относительно К4 (высокий уровень – горение лампы, низкий – лампа погашена);

7) уровень сигнала на лампе красного с желтым огня локомотивного светофора – клемма К3-4 относительно К4 (высокий уровень – горение лампы, низкий – лампа погашена);

8) уровень сигнала на лампе красного огня локомотивного светофора – клемма К3-3 относительно К4 (высокий уровень – горение лампы, низкий – лампа погашена);

9) уровень сигнала на лампе белого огня локомотивного светофора – клемма К3-2 относительно К4 (высокий уровень – горение лампы, низкий – лампа погашена).

При тяге переменного тока дополнительно вводится второй блок подключения 14, обеспечивающий снятие параметров сигналов с выхода локомотивного фильтра 10.

Данные сигналы поступают на вход блока контроля и анализа 15. Контроль функционирования работы локомотивного усилителя 11 и локомотивного дешифратора 12 осуществляется с использованием тестовых воздействий, описанных в разделе 5.1.

На основе математической модели, прогнозирующей техническое состояние основных устройств безопасности с учетом их типа, возможно оценить наличие

предотказного состояния у отдельных блоков бортовой аппаратуры 7. Для этого введен блок 16 прогноза, передающий результаты своей работы в блок 17 формирования отчета.

Также устройство позволяет произвести оценку асимметрии локомотивных катушек. Для этого блок коммутации 4 передает от блока формирования воздействий 3 последовательно сначала в первый индуктор 5, а затем во второй индуктор 6 немодулированный ток заданной силы и частоты. Блок контроля и анализа 15 через первый блок подключения 13 осуществляет фиксацию двух соответствующих величин напряжений аналоговых сигналов на выходе первой и второй приемных катушек 8 и 9. Коэффициент асимметрии определяется в процентном соотношении как отношении разности полученных величин к их сумме. Данный параметр также передается на вход блока формирования отчета 17.

Также, возможным представляется осуществлять оценку асимметрии локомотивных приемных катушек путем измерения напряжения, наводимого в первой и второй приемных катушках 8 и 9, при последовательном или параллельном включении первого и второго индукторов 5 и 6 при одинаковой величине тока в них и его частоте. При этом, при последовательном включении измеряется сумма, а при параллельном включении – разность наводимых ЭДС. В данном случае коэффициент асимметрии принимают равным отношению измеренной величины, сделанной при параллельном включении первого и второго индукторов 5 и 6 к аналогичному параметру при их последовательном включении. Вторая реализация не позволяет указать приемную катушку, ЭДС в которой менее номинального допускаемого значения при заданной высоте ее подвеса.

Блок формирования отчета 17 представляет полученную информацию в удобной для восприятия оператором форме на блоке индикации 19 и удобной для последующей обработки форме для блока памяти 18.

Для обеспечения удаленной работы устройства организуется беспроводной канал связи состоящий из первого и второго приемопередатчиков 20 и 21 и линии связи 22 и соединенный с АРМ оператора 23. Оператор посредством АРМ оператора 23 может передавать команды на блок управления 2 через беспроводной

канал связи. В свою очередь, результаты проверки от блока формирования отчета 17 по беспроводному каналу связи передаются в режиме реального времени к АРМ оператора 23.

В [113] описывается решение, направленное на повышение достоверности проверки бортовой аппаратуры АЛС за счет исключения влияния внешних факторов, в частности упомянутого экранирующего влияния рельсов и т.п. Структурная схема устройства проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации показана на рисунке 5.3.

Устройство работает аналогично вышеописанному устройству для диагностики релейной локомотивной аппаратуры АЛСН. Отличительной особенностью данного технического решения является наличие двух блоков измерения 25 и 27 и двух блоков сравнения 26 и 28. Для формирования электромагнитного поля могут быть использованы как уже названные индукторы 5 и 6, так и линия 24 индуктивной связи: испытательный шлейф или рельсовая линия.

Блок 25 измерения выполнен в виде двух токовых датчиков (измерительных токовых катушек или аналоговых датчиков Холла), располагаемых на рейке, фиксируемой над рельсами, и осуществляет фиксацию величины напряженности магнитного поля, создаваемого каждым из индукторов 5 и 6 или линией 24 индуктивной связи в зоне подвеса локомотивных приемных катушек. Блок 25 измерения может быть выполнен в виде стационарного или мобильного устройства.

При стационарном исполнении блок 13 измерения фиксируют на обоих ходовых рельсах в пределах стационарного шлейфа контрольного пункта в зоне расположения локомотивных приемных катушек или линии 19 индуктивной связи. Блок 13 в непрерывном режиме контролирует параметры создаваемого линией 19 индуктивной связи электромагнитного поля, связанные в том числе с коэффициентом эффективности испытательного шлейфа и экранирующее влияние рельсов. Результаты измерений передает на один из входов блока 14 сравнения. На

второй вход передает параметры сигнального тока, поступающего на вход линии 19 индуктивной связи.

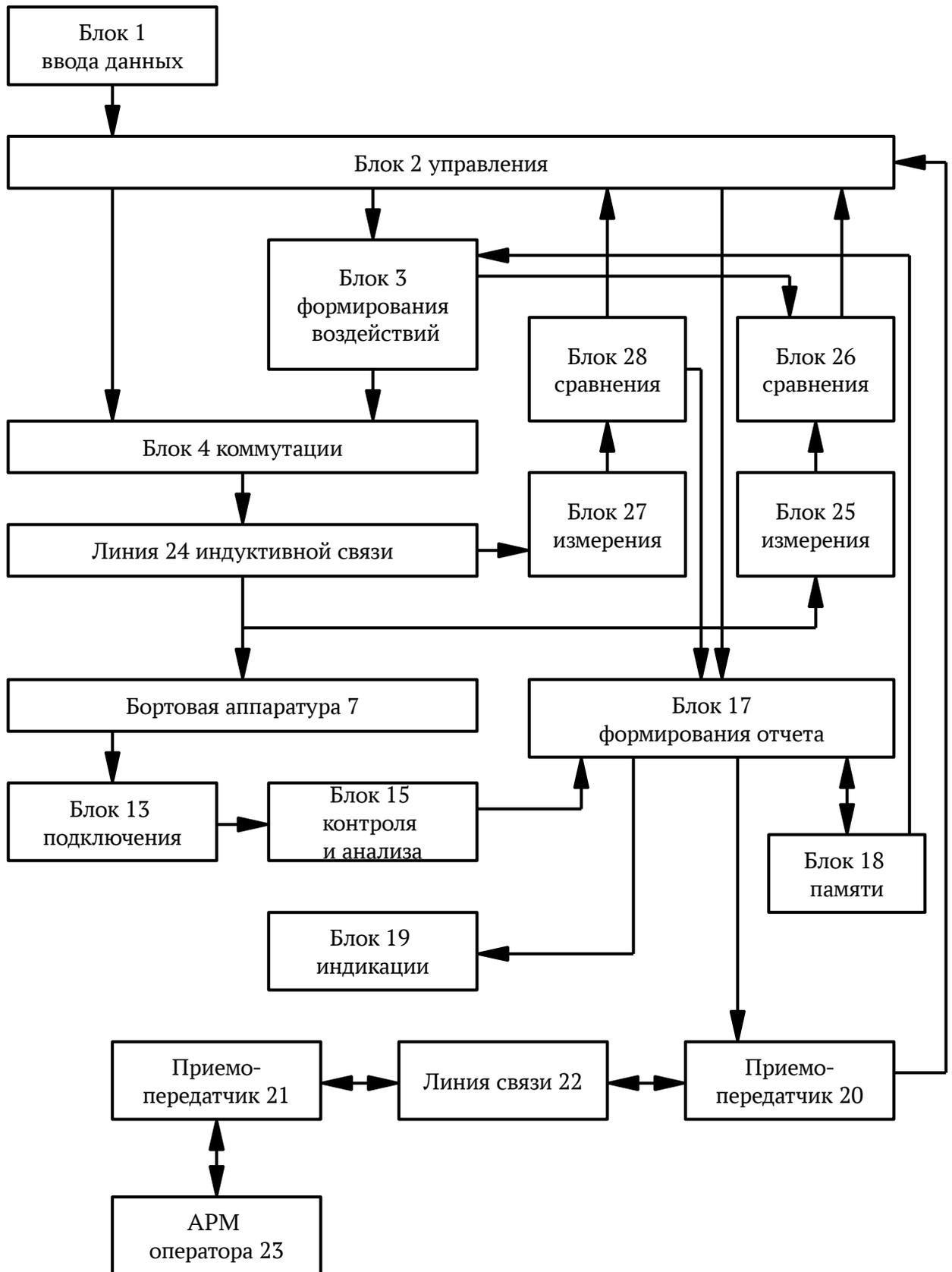


Рисунок 5.3 – Структурная схема устройства проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации

При мобильном исполнении блок 25 измерения совмещают с индукторами 5 и 6. Блок 25 проводит измерения при подаче немодулированного сигнала заданной величины и частоты в индукторы 5 и 6.

Результаты измерений в обоих случаях передаются на один из входов блока 26 сравнения. На второй вход поступают параметры сигнального тока, поступающего на вход индукторов 5 и 6 или линию 24 индуктивной связи.

Блок 26 сравнения, выполненный в виде самостоятельного микроконтроллера, производит сопоставление измеренных блоком 25 измерения величин ЭДС с идеальной моделью, построенной для случая отсутствия металлических экранов в виде рельсов или металлической обшивки смотровых канав, и вычисляет коэффициент, равный отношению реальной величины ЭДС к идеальной. Данный коэффициент называется коэффициентом экранирования или коэффициентом эффективности (см. главу 2).

Блок 26 сравнения передает величину данного коэффициента при зафиксированной величине тока на вход блока 2 управления. Блок 2 управления обеспечивает регулировку величины тока, вырабатываемого блоком 3 формирования воздействий в соответствии с полученным коэффициентом для данных условий. Информация о наличии экранирующего влияния рельсов и элементов смотровой канавы, а также фактическая величина тока при проведении испытаний бортовой аппаратуры 7 блок 2 управления передает на соответствующий вход блока 17 формирования отчета.

При проведении проверки на чувствительность бортовой аппаратуры 7 проверку осуществляют не при нормативной величине тока, поступающей на вход линии 24 индуктивной связи или входы индукторов 5 и 6, а при скорректированной величине, получаемой путем умножения нормативного значения силы тока на полученный коэффициент экранирования.

Блок 27 измерения осуществляет контроль основных параметров линии 24 индуктивной связи: напряжение на входе линии 24 индуктивной связи, величину тока, частоту тока, временные параметры транслируемых сигналов - длительности циклов кодовых комбинаций, длительности импульсов и пауз.

Для стационарного шлейфа на основании величин напряжения и тока блок 27 определяет сопротивление провода шлейфа переменному току (на заданной частоте) или постоянному току (при выработывании блоком 3 формирования воздействий постоянного тока заданной величины) как отношение напряжения на выходе к величине тока, протекающего по шлейфу. Дополнительно для стационарного шлейфа блок 27 измерения контролирует сопротивление его изоляции.

При выполнении линии 24 индуктивной связи в виде рельсовой линии блок 27 измерения дополнительно контролирует состояние изолирующих стыков, служащих для выделения рельсовой линии, а также сопротивление балласта.

Результаты измерений блок 27 передает в блок 28 сравнения и блок 17 формирования отчета. Блок 28 сравнения проверяет соответствие измеренных параметров линии 24 индуктивной связи установленным в нормативных документах значениям. В случае выявления несоответствия на вход блока 2 управления поступает сигнал прекращения проведения испытаний по причине ненадлежащего состояния испытательного оборудования. В этом случае блок 2 формирует соответствующую команду, которую передает в блок 17 формирования отчета. При поступлении указанной команды блок 17 в отчете ставит предупреждение, что проверка бортовой аппаратуры 7 проведена в условиях, не соответствующих установленным нормам, что делает ее недействительной. После устранения неисправности оператор может перезапустить устройство проверки. При этом заново будут зафиксированы параметры линии 19 индуктивной связи и принято решение о пригодности устройства к эксплуатации.

Блок 17 формирует отчет в виде электронного паспорта испытательного участка на основании информации, поступающей на входы блока 2 управления от блока 26 сравнения, от блока 28 сравнения и блока 15 контроля и анализа.

Варианты организации устройств проверки АЛС, позволяющие учитывать особенности канала индуктивной связи и электромагнитной обстановки в нем: влияние контактного рельса и смежных путей, – предложены в [108, 109]. Работа данных устройств аналогична вышеописанным.

Кроме того, разработан способ измерения технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности [207]. Данный способ направлен на автоматизацию процесса выбора технических средств и их алгоритма работы в зависимости от типа проверяемого основного локомотивного устройства безопасности. Структурная схема системы, реализующей разработанный способ, приведена на рисунке 5.4.

Согласно способу сначала осуществляют предварительную подготовку проведения измерения технико-эксплуатационных характеристик приемной аппаратуры кодовых рельсовых цепей подвижного состава. Для этого определяют приближение железнодорожного подвижного состава (локомотива, моторвагонного подвижного состава и т.п.) к контрольному пункту с использованием инфраструктуры системы идентификации подвижного состава, в частности системы автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава САИ «Пальма».

Напольное оборудование – блок 1 считывания системы идентификации подвижного состава считывает идентификационный номер приближающегося к контрольному пункту железнодорожного подвижного состава. Блок 1 считывания по сети 2 передачи данных передает в аппаратно-программное устройство 3 автоматизированной системы идентификации:

- номер единицы железнодорожного подвижного состава;
- код места установки блока считывания.

При получении информации аппаратно-программное устройство 3 через сеть 4 передачи данных передает на сервер 6 буферной автоматизированной системы номер железнодорожного подвижного состава и код места установки блока 1 считывания. Сервер 6 буферной автоматизированной системы соответствует серверу автоматизированной системы учета и анализа нарушений безопасности движения поездов по результатам автоматической расшифровки кассет регистрации локомотивных устройств АСУТ-НБД-2, которая обеспечивает интероперабельность отраслевых автоматизированных систем, используемых в локомотивном комплексе ОАО «РЖД».

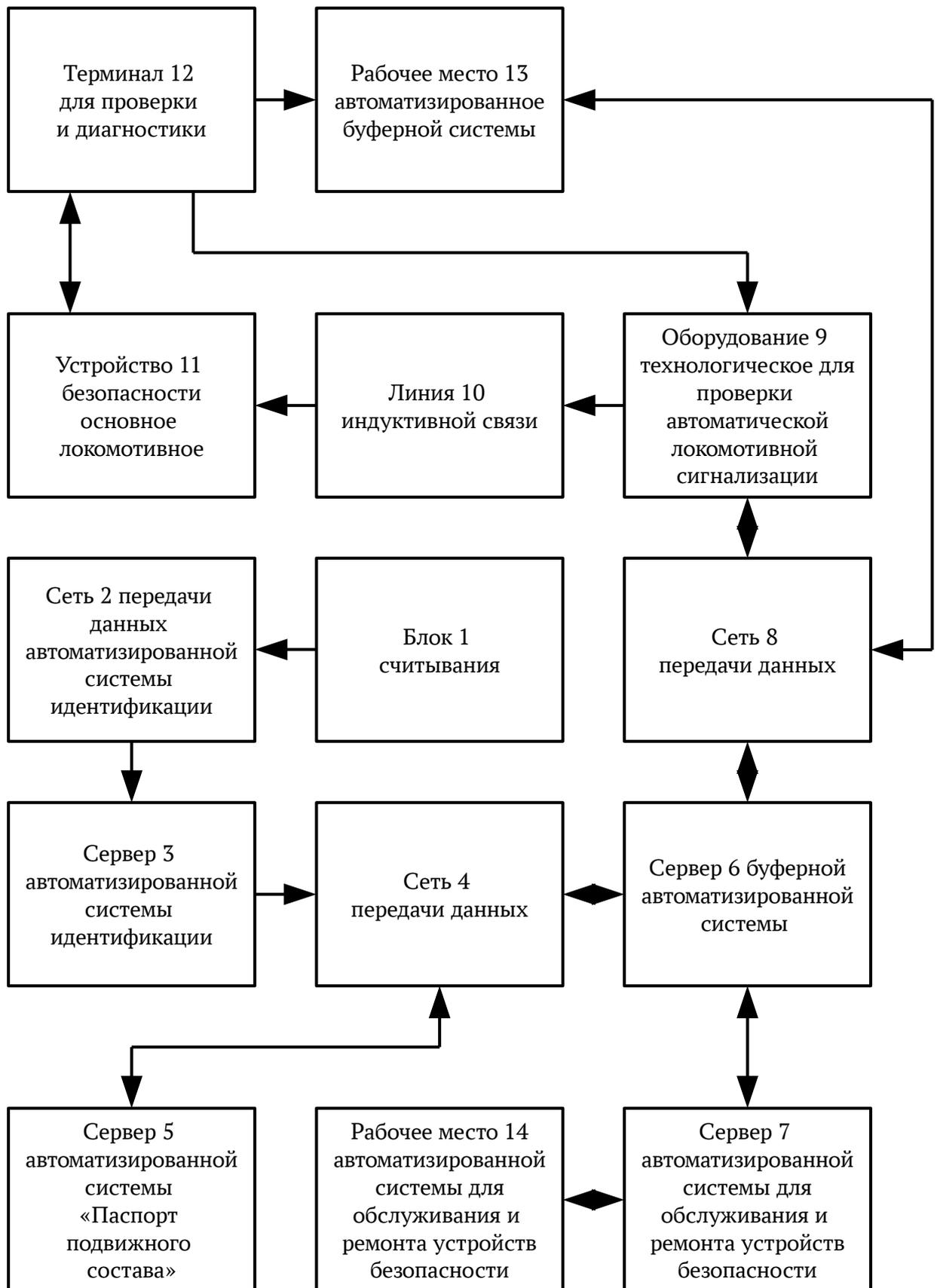


Рисунок 5.4 – Система для измерения технико-эксплуатационных характеристик приемной аппаратуры основных устройств безопасности

Сервер 6 автоматизированной буферной системы в автоматическом режиме запрашивает данные о серии подвижного состава с данным идентификационным номером, а также данные о типе установленного на нем основного локомотивного устройства безопасности у автоматизированной системы «Паспорт подвижного состава», содержащий идентификационный номер подвижного состава. Запрос передает по сети 4 в аппаратно-программное устройство 5 автоматизированной системы «Паспорт подвижного состава».

Аппаратно-программное устройство 5 автоматизированной системы «Паспорт подвижного состава» формирует ответ на запрос, который содержит сведения о типе основного локомотивного устройства безопасности для данной единицы железнодорожного подвижного состава и передает его через сеть 4 передачи данных на сервер 6.

По завершении указанных операций на сервере 6 буферной автоматизированной системы имеются сведения о:

- местонахождении единицы железнодорожного подвижного состава;
- идентификационном номере и серии единицы железнодорожного подвижного состава;
- оснащенности единицы железнодорожного подвижного состава основными устройствами безопасности.

Сервер 6 передает эти данные в автоматическом режиме сведения в аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности. В качестве автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности может быть использована автоматизированная система управления центрами по обслуживанию устройств безопасности АСУ ЦОУБ.

После чего дистанционно запускают процесс проведения измерения технико-эксплуатационных основных устройств безопасности. Для этого по прибытии на контрольный пункт подвижного состава подключают к ее устройству 11 безопасности основному локомотивному терминалу 12 для проверки и диагностики. Данная процедура вполне может быть однократной, т.е. после

осуществления измерений технико-эксплуатационных характеристик устройства 11 безопасности основного локомотивного терминала 12 проверки и диагностики может быть оставлен на подвижном составе при условии, что он не оказывает влияния на работу основных устройств безопасности. При совершенствовании основных устройств безопасности терминал 12 проверки и диагностики может входить в их состав.

Терминал 12 проверки и диагностики представляет собой устройство, обеспечивающее фиксацию реакций устройства 11 безопасности основного локомотивного на различные внешние воздействия, в том числе тестовые воздействия. Терминал 12 может быть выполнен с возможностью подключения к каждой из приемных катушек, входящих в состав комплекта устройства 11 безопасности основного локомотивного.

С помощью аппаратно-программного устройства 13 автоматизированного рабочего буферной системы регистрируют идентификатор терминала 12, привязывая его к идентификационному номеру подвижного состава, и передают зарегистрированные данные через сеть 8 передачи данные на сервер 6 для передачи в аппаратно-программное устройство 7 системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности.

Аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности определяет с учетом места установки блока 1 считывания (по полученному коду места установки блока 1 считывания) ближайший к контрольному пункту испытательный участок с технологическим оборудованием для проверки автоматической локомотивной сигнализации и посредством сервера 6 по сети 8 передачи данных передает команду центральному контроллеру 9 технологического оборудования испытательного участка на проведение мероприятий для проверки данного типа аппаратуры основного локомотивного устройства безопасности с указанием серии и идентификационного номера подвижного состава с помощью терминала 12 проверки с указанным идентификатором. Формируют план проведения

обслуживания устройства 11 безопасности основного локомотивного для данной единицы железнодорожного подвижного состава.

Для организации информирования причастного персонала отображают на аппаратно-программном устройстве 14 автоматизированного рабочего места автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности план проведения обслуживания устройства 11 безопасности основного локомотивного для данного железнодорожного подвижного состава.

Перед началом проверки центральный контроллер 9 технологического оборудования передает команду технологическому оборудованию для формирования контрольного сигнала и передачи его последовательно через свободные испытательные рельсовые цепи (или шлейфы) на приемную аппаратуру устройства 11 безопасности основного локомотивного, к которой подключен терминал 12 с указанным идентификатором. Технологическое оборудование формирует и передает контрольный сигнал, например, в виде кодовой комбинации на несущей частоте в тональном диапазоне.

Последовательная передача контрольного сигнала позволяет организовать временное разделение каналов и тем самым обеспечить однозначное соответствие испытательной рельсовой цепи 10 (испытательного шлейфа) и терминала 12 проверки, что позволяет автоматически индивидуализировать формируемые в дальнейшем тестовые воздействия и их параметры и отождествить их и соответствующие им реакции с идентификационным номером подвижного состава в тех случаях, когда технологическое оборудование для проверки автоматической локомотивной сигнализации поддерживает подключение одновременно нескольких испытательных рельсовых цепей (испытательных шлейфов).

Устройство 11 безопасности основное локомотивное принимает контрольный сигнал, но данный сигнал не оказывает на нее влияния. При этом он принимается посредством терминала 12 проверки. До получения контрольного сигнала терминал 12 для проверки не осуществляет измерение технико-

эксплуатационных характеристик устройства 11 безопасности основного локомотивного, к которому он подключен.

После получения контрольного сигнала терминал 12 проверки автоматически направляет на испытательный пункт технологического оборудования по радиоканалу ответное сообщение о готовности проведения измерений с указанием своего идентификатора. Сообщение о готовности проведения измерений соответствующее оборудование направляет в центральный контроллер 9.

При получении ответа центральный контроллер 9 технологического оборудования фиксирует номер испытательной рельсовой цепи 10 (номер испытательного шлейфа), по которой контрольный сигнал поступил на терминал 12 проверки и диагностики с указанным идентификатором, сравнивает полученные от терминала 12 и от аппаратно-программного устройства 7 автоматической системы обслуживания и ремонта устройств безопасности данные об идентификаторе терминала 12 проверки и при их совпадении формирует набор тестовых воздействий для проверки данного типа устройства 11 безопасности основного локомотивного с указанными серией и идентификационным номером, формирует команду технологическому оборудованию для передачи тестовых воздействий по испытательной рельсовой цепи 10 (шлейфу) с зафиксированным номером на устройство 11 безопасности основное локомотивное. Набор тестовых воздействий соответствует описанным в разделе 5.1.

При этом терминал 12 проверки регистрирует на каждое тестовое воздействие реакцию устройства 11 безопасности основного локомотивного и после отсутствия поступления с аппаратуры 11 сигналов в течение заданного времени терминал 12 проверки в автоматическом режиме формирует сообщение об окончании измерений с указанием своего идентификатора, которое передает посредством радиоканала на испытательный пункт для центрального контроллера 9.

Терминал 12 формирует также сообщение, содержащее данные о реакциях на тестовые воздействия устройства 11 безопасности основного локомотивного с

указанием серии и идентификационного номера подвижного состава и своего идентификатора, которое передает аппаратно-программному устройству 13 автоматизированного рабочего места буферной автоматизированной системы, который через сеть 8 передачи данных и сервер 6 направляет его в аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы обслуживания и ремонта устройств безопасности.

После получения сигнала об окончании проверки от терминала 12 проверки с указанным идентификатором центральный контроллер 9 технологического оборудования формирует сообщение, содержащее данные о наборе тестовых воздействий, используемых для проверки терминалом 12 приемной аппаратуры кодовых рельсовых цепей подвижного состава с указанием его серии и идентификационного номера, и передает его через сеть 8 передачи данных и сервер 6 в аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы обслуживания и ремонта устройств безопасности.

Далее осуществляют комплекс операций по регистрации и обработке результатов измерений технико-эксплуатационных характеристик возимой приемной аппаратуры кодовых рельсовых цепей. Для этого в автоматическом режиме передают от оборудования 9 технологического для проверки автоматической локомотивной сигнализации через третью сеть 8 передачи данных к серверу 6 буферной автоматизированной системы параметры набора тестовых воздействий и соответствующий им идентификатор терминала 12 для проверки и диагностики. Также получают от терминала 12 для проверки и диагностики через оборудование технологическое 9 для проверки автоматической локомотивной сигнализации или через рабочее место 13 автоматизированное буферной системы через третью сеть 8 передачи данных на сервер 6 буферной автоматизированной системы зарегистрированные реакции устройства 11 безопасности основного локомотивного на набор тестовых воздействий и идентификатор терминала 12 для проверки и диагностики. Далее сопоставляют между собой реакции и параметры наборов тестовых воздействий по идентификатору терминала 12 для проверки и диагностики.

Аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности осуществляет обработку полученных данных путем анализа ответной реакции приемного устройства 12 на тестовые воздействия, определяет технико-эксплуатационные характеристики устройства 11 безопасности основного локомотивного, в т.ч. индивидуальный уровень помехоустойчивости комплекта аппаратуры, коэффициент асимметрии приемных локомотивных катушек.

Результаты измерений технико-эксплуатационных характеристик отображаются на автоматизированном рабочем месте автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности для информирования причастного персонала. При определении готовности устройства 11 безопасности основного локомотивного к эксплуатации аппаратно-программное устройство 7 автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности формирует соответствующее заключение, которое передает через сервер 6 буферной автоматизированной системы по сети 4 передачи данных в аппаратно-программное устройство 5 автоматизированной системы «Паспорт подвижного состава» для регистрации его в соответствующем паспорте подвижного состава с указанным идентификационным номером.

При этом Аппаратно-программное устройство 7 формирует и регистрирует на сервере 7 автоматизированной системы для обслуживания и ремонта устройств безопасности заключение о готовности возимой приемной аппаратуры кодовых рельсовых цепей данной единицы железнодорожного подвижного состава к эксплуатации. Данное заключение передают через сервер 6 буферной автоматизированной системы и вторую сеть 4 передачи данных серверу 5 автоматизированной системы «Паспорт локомотива» и регистрируют его в соответствующем паспорте локомотива.

Также предложен способ измерения коэффициента эффективности на испытательных участках контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации и устройство для его осуществления [208]. Структурная схема устройства, реализующего разработанный способ, показана на рисунке 5.5.

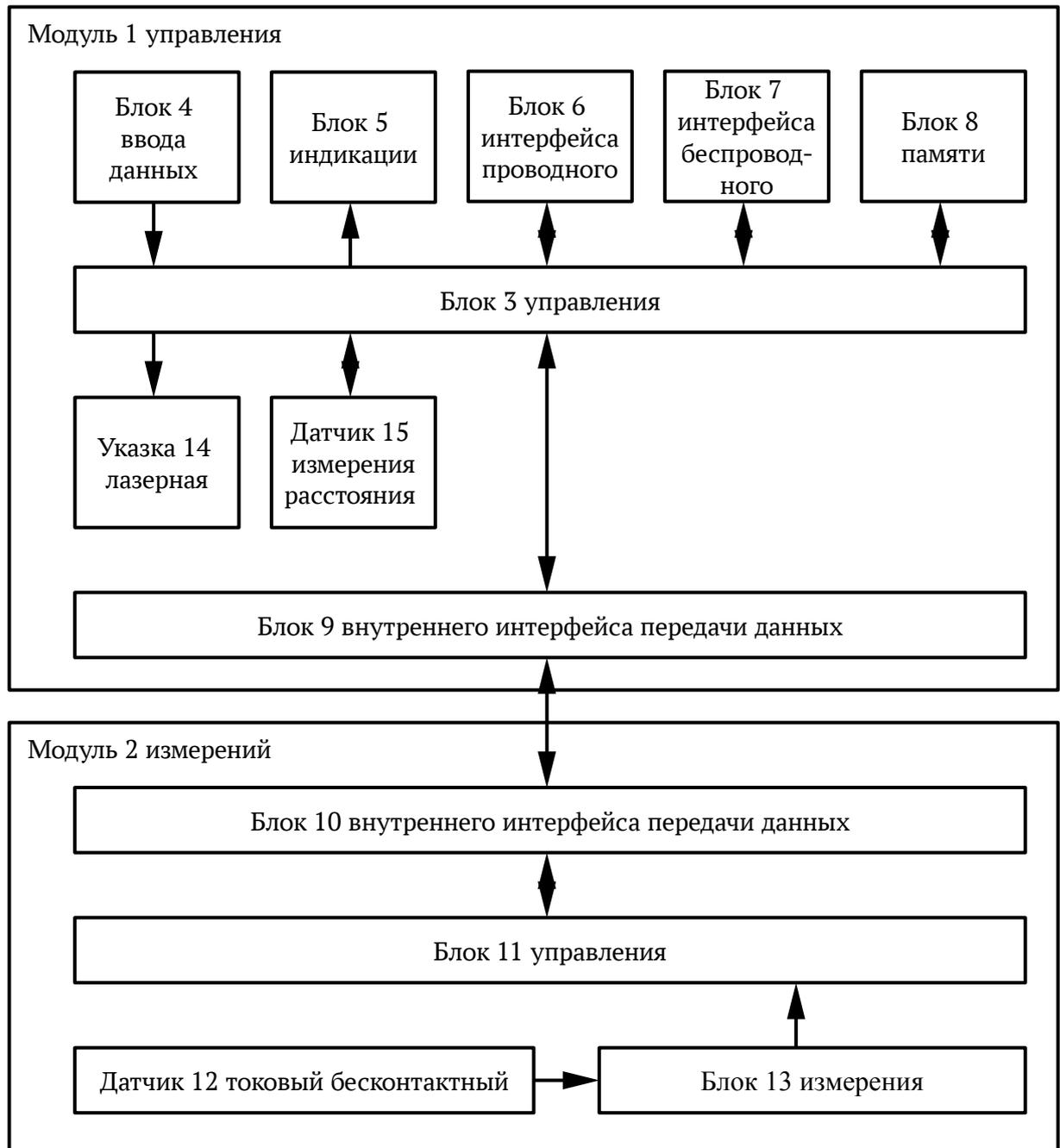


Рисунок 5.5 – Структурная схема устройства, реализующего способ измерения коэффициента экранирования на испытательных участках контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации

Способ измерения коэффициента экранирования на испытательных участках контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации основан на измерении величины напряжения на выходе датчика 12 токового бесконтактного, выполненного в виде измерительной катушки или датчика Холла и находящегося на фиксированном расстоянии относительно уровня головки

рельса вдоль его вертикальной оси. Ключевую роль здесь играет размещение токового датчика, обеспечивающее однозначную интерпретацию получаемых результатов измерений и не зависящее от смещения относительно оси ходового рельса.

Т.к. коэффициент экранирования (эффективности) представляет собой отношение силы тока, подаваемого на вход испытательного шлейфа, к фактически измеренной силе тока при одной и той же частоте, то первоначально необходимо осуществить градуирование устройства измерительного. Для этого предварительно в условиях отсутствия мешающего влияния металлических конструкций испытательных участков размещают устройство измерительное, снабженное датчиком 12 токовым бесконтактным, выполненным в виде измерительной катушки или датчика Холла и находящимся на фиксированном расстоянии относительно уровня головки рельса вдоль его вертикальной оси, на головке одиночного рельса. Таким образом устройство измерительное градуируют относительно электромагнитного поля, формируемого вокруг одиночного рельса (рельсовой нити) протекающим по нему току заданной силы и частоты, что соответствует реальным условиям эксплуатации основных устройств безопасности, служащим эталоном для испытательного оборудования.

При помощи генератора гармонических сигналов формируют и подают в одиночный рельс ток заданной силы и частоты. Осуществляют градуирование устройства измерительного таким образом, что для каждой частоты несущего сигнала и каждой силы тока в рельсе (рельсовой нити) ставят в однозначное соответствие напряжение на выходе токового бесконтактного датчика.

В результате проведения градуирования формируют градуировочную таблицу, которую записывают во внутреннюю память устройства измерительного – блок 8 памяти. После чего устройство измерительное готово к проведению измерений коэффициента экранирования.

В условиях эксплуатации после остановки испытуемой единицы железнодорожного подвижного состава в границах испытательного участка размещают под установленной на нем приемной катушкой устройство

измерительное. Для начала работы устройства измерительного передают и регистрируют в его памяти величину тока, подаваемого в настоящий момент в испытательный шлейф, и его частоту.

Передача таких данных может осуществляться как с использованием беспроводных сетей связи с использованием стандартов Bluetooth или Wi-Fi непосредственно от устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации (устройство формирования сигналов для проведения проверок основных устройств безопасности и их передачи в испытательные шлейфы с функциями выбора тестовых воздействий и контроля их параметров) посредством блока 7 интерфейса беспроводного, так и вручную, например после измерения фактических параметров тока в испытательном шлейфе при помощи токовых клещей или амперметра с использованием блока 4 ввода данных.

Далее измеряют с помощью датчика 12 токового бесконтактного устройства измерительного и регистрируют во внутренней памяти устройства измерительного (блок 8 памяти) фактическую величину тока для данной частоты с учетом эффекта экранирования. Полученная величина тока выбирается в соответствии с измеренной величиной напряжения на выходе датчика 12 токового бесконтактного по полученной ранее градуировочной таблице, хранящейся во внутренней памяти устройства – блоке 8 памяти – путем последовательного сравнения измеренной величины напряжения с величинами напряжений, записанными в градуировочной таблице для данной частоты сигнального тока, и выбора наиболее близкой к измеренной величины напряжения из градуировочной таблицы, в соответствии с которой в градуировочной таблице указана величина силы тока (квантование по уровню).

Затем вычисляют коэффициент экранирования, используемый при регулировании тока в шлейфе для обеспечения единства измерений на испытательных участках контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации, как отношение силы тока, подаваемого на вход испытательного шлейфа, к фактически измеренной силе тока. Результат вычислений регистрируют

во внутренней памяти устройства измерительного (блок памяти 8) и отображают его на блоке 5 индикации устройства измерительного.

Результаты измерений, получаемых с помощью разработанного устройства, могут быть впоследствии считаны из блока 8 памяти при подключении устройства измерительного по проводному (через блок 6 интерфейса проводного) или беспроводному (через блок 7 интерфейса беспроводного) к персональному компьютеру (на рисунке 5.5 не показан). Это позволит интегрировать устройство измерительное с другими используемыми в рамках процессов обслуживания и ремонта основных устройств безопасности технологическим оборудованием и автоматизированными системами.

Разработанные технические решения легли в основу Общих технических требований на устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС № 35040-000-00 [203], были описаны в ряде публикаций [209-211], а также были использованы при разработке требований к прокладке испытательного шлейфа в Инструкции по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00 [212, 213] и разработке прибора для измерения экранирующего влияния рельсов на работу шлейфов испытательных участков типа ЭКРАН-М (ИАТ.5305.00.01).

#### **5.4 Разработка технических требований к системе мониторинга выполнения процессов обслуживания основных устройств безопасности**

Задача совершенствования технологического процесса обслуживания основных устройств безопасности (как было показано в первой главе) непрерывно связана с вопросом совершенствования соответствующих автоматизированных систем, которые позволяли бы в автоматическом режиме получать информацию о результатах проверок основных устройств безопасности и формировать рекомендации по их ремонту и регулировке. Кратко основные принципы взаимодействия устройств проверки АЛС с АСУ ЦОУБ были показаны в разделе

5.2. Логичным шагом, который следует предпринять далее для достижения целевого состояния процесса обслуживания основных устройств безопасности на контрольных пунктах, является создание системы мониторинга технологического процесса, обеспечивающей взаимодействие между техническими средствами контрольных пунктов и существующими автоматизированными системами.

Идея мониторинга выполненных работ на железнодорожном транспорте не является абсолютно новой. В качестве примера системы с подобными функциональными возможностями следует привести Единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) [214, 215]. Следует отметить, что применение подобной системы позволяет сократить интеллектуальные потери, примеры которых достаточно подробно описаны в [216].

Для решения задач по обеспечению ЦТР, ее предприятий подчинения и их структурных подразделений достоверными данными для повышения качества обслуживания основных устройств безопасности были разработаны совместно со специалистами ЦТР, НАО «ИНФОКОМ» и НПО «САУТ» технические требования на сервис автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций (Сервис «ЦОУБ. КОНТУР»; утверждены Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» - начальником Дирекции тяги О.С. Валинским 30.03.2022 № 534). Данная работа осуществлялась в рамках реализации п. 42 Программы организационно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности, снижение нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности на 2021 г., утвержденной заместителем генерального директора ОАО «РЖД» - начальником Дирекции тяги О.С. Валинским 1.04.2021 № 125. Работа осуществлена с учетом опыта применения барьерных функций [217, 218]. В рамках работы были:

- определены структура и функциональные возможности Сервиса «ЦОУБ. КОНТУР»;

- описаны этапы его развития.

Мониторинг выполнения технологии обслуживания оборудования в общем случае представляет собой контроль за двумя характеристиками процесса: полнотой и правильностью выполнения технологии обслуживания. **Полнотой** следует считать выполнение всего перечня работ по обслуживанию, а в необходимых случаях и ремонту основного локомотивного устройства безопасности данного типа, а также перечень полученных результатов проверок.

**Правильностью** следует считать совокупность следующих факторов:

- применение соответствующих технологического оборудования, расходных материалов, запасных частей и др.;

- соблюдение условий осуществления операций с устройствами безопасности (соответствие параметров испытательного оборудования установленным во второй и третьей главах требований).

Информация о полноте и правильности выполнения технологии обслуживания и ремонта может быть использована для построения простейшей **барьерной функции**: в случае, если результаты выполнения любой из операций не соответствуют нормативным значениям или не выполнена одна любая необходимая операция по обслуживанию и ремонту, технология считается невыполненной, требуется внести корректировку в план выполнения работ с тем, чтобы устранить выявленные несоответствия. При этом решение о внесении корректировки плана работ должно формироваться в автоматическом режиме.

Функциональная схема Сервиса «ЦОУБ. КОНТУР», которая удовлетворяла бы условию контроля за вышеуказанными характеристиками процесса обслуживания основных устройств безопасности, приведена на рисунке 5.6. Сбор данных о выполненных операциях и их результатах, дополняемых, при необходимости, условиями, при которых были выполнены операции, будут осуществлять устройства сбора данных: существующее и перспективное технологическое оборудование. В дополнение могут быть использованы устройства контроля функционирования устройств безопасности в пути следования [219 - 221].

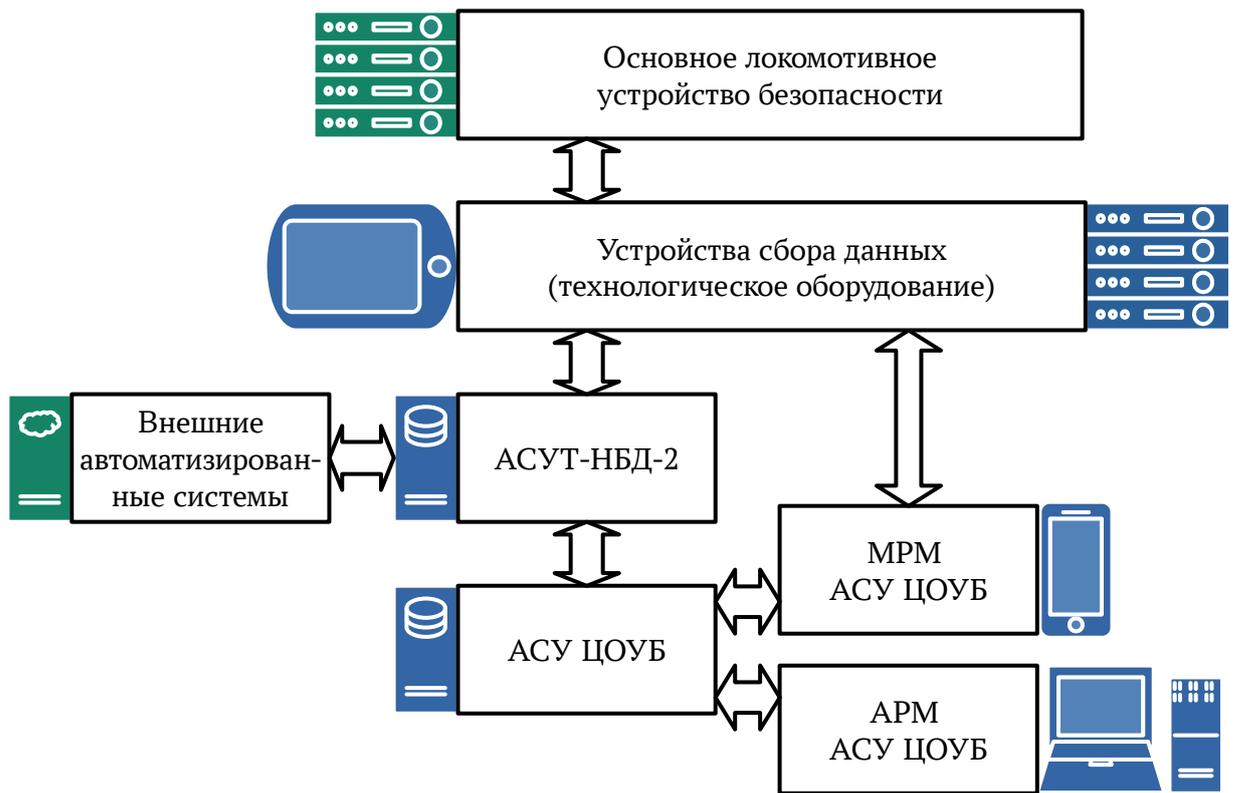


Рисунок 5.6 – Функциональная схема Сервиса «ЦОУБ. КОНТУР»

Устройства сбора данных передают сведения в центральный обработчик, которым в данном случае будет служить существующая в составе Автоматизированной системы контроля исполнения технологических процессов ремонта тягового подвижного состава (АСУТ ТП) Автоматизированная система управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ). Алгоритм работы центрального обработчика должен позволять осуществлять проверку барьерных функций в отношении комплекта аппаратуры и выводить информацию на стационарное автоматизированное рабочее место (АРМ) или мобильное рабочее место (МРМ).

При необходимости данные должны передаваться во внешние Системы, например в Автоматизированную систему «Электронный паспорт локомотива» (АС «ЭПЛ»). Кроме того, сам Сервис «ЦОУБ. КОНТУР» должен иметь возможность запрашивать данные во внешних Системах, например, в Единой системе пономерного учета локомотивов (ЕС ПУЛ). В качестве буфера для данных

была выбрана Автоматизированная система учета и анализа нарушений безопасности движения поездов по результатам автоматической расшифровки кассет регистрации локомотивных устройств (АСУТ-НБД-2).

Мобильное рабочее место АСУ ЦОУБ благодаря постепенному внедрению штрих-кодирования позволит формировать сведения об оснащенности структурного подразделения (Модуль ведения документации по технологическому оборудованию). АРМ АСУ ЦОУБ позволит также контролировать компетенции структурного подразделения и распределение штата по функциональным задачам (Цифровой паспорт производственного участка).

АРМ АСУ ЦОУБ предоставит возможность просмотра информации на трех уровнях: центральном, региональном и линейном. На линейном уровне доступна информация о ходе реализации процессов производственного участка с предоставлением, в случае необходимости, архивных сведений об обслуживании и ремонте того или иного комплекта оборудования основных устройств безопасности.

Дальнейшие перспективы развития Сервиса «ЦОУБ. КОНТУР»: интеграция новых типов технологического оборудования, интеграция с Системами закупки оборудования и запасных частей, обеспечение качественных расследований технических причин сбоев в работе основных устройств безопасности и реализация модуля поддержки принятия решений ремонтным персоналом.

Основные результаты, полученные в рамках выполнения данной работы, описаны в [222, 223]. Внедрение Сервиса начато в 2022 г.

## **5.5 Расчет экономической эффективности предложенных технических и технологических решений**

Настоящий расчет составлен с учетом положений [224], сведений об оснащенности ЦТР устройствами проверки АЛС, а также положений Общих технических требований на Устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ [203] и

Технических требований на Автоматизированную систему управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) – Подсистему автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ.КОНТУР») [225].

Резюме проекта внедрения. Внедрение разработанных технических и технологических решений представляют собой инвестиционный проект, который относится к проектам обновления и модернизации производственной инфраструктуры.

Цель проекта – автоматизация дистанционной проверки локомотивных устройств безопасности всех типов. Техничко-эксплуатационные характеристики и отличительные признаки предлагаемых технических и технологических решений подробно изложены в [203, 107-109, 113, 201, 207, 208, 225].

К технической и разрешительной документации на предложенные технические и технологические решения относятся:

- Общие технические требования на Устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ [203];

- Технические требования на Автоматизированную систему управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) – Подсистему автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ.КОНТУР») [225];

- Патент РФ № 2780100 [207];

- Патент РФ № 2700241 [201];

- Патент РФ № 2725829 [107];

- Патент РФ № 2726839 [113];

- Патент РФ № 2735147 [108];

- Патент РФ № 2735187 [109];

- Патент РФ № 2780712 [208].

Основными предпосылками создания рассматриваемых технических и технологических средств является необходимость повышения надежности

функционирования локомотивных устройств безопасности за счет совершенствования производственных процессов их обслуживания.

В Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиале ОАО «РЖД» для контроля локомотивных устройств безопасности используются устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС и их модификации. Ближайшим аналогом предлагаемых технических и технологических решений является Автоматизированный комплекс проверки автоматической локомотивной сигнализации типа УПР-АЛСЕ.

Основные недостатки известных технических и технологических решений:

1) отсутствие учета влияние индуктивной связи «приемная катушка – испытательный шлейф» на получаемые результаты измерений технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности;

2) отсутствие учета влияния помех, характерных для условий испытательных участков контрольных пунктов, на получаемые результаты измерений технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности;

3) отсутствие автоматического сбора, хранения и обработки информации о результатах выполнения проверок локомотивных устройств безопасности, в том числе с использованием существующих автоматизированных систем.

Данные недостатки были устранены при разработке вышеуказанных нормативных документов, соответствующих технических и технологических решений [203, 107 - 109, 113, 201, 207, 208, 225].

Влияние предложенных технических и технологических решений на существующий технологический процесс заключается в:

- экономии рабочего времени, затрачиваемого на определение причин нарушений и сбоев в работе основных устройств безопасности;

- сокращении времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов.

К подготовительным работам, которые необходимо выполнить, следует отнести:

- подготовка графика модернизации / замены существующих технических средств для проведения монтажа и пуско-наладочных работ;
- настройка и модификация программного обеспечения АСУ ЦОУБ;
- интеграция САИ «Пальма» и АСУТ-НБД-2.

Строительно-монтажные работы сводятся к размещению на объекте устройств проверки АЛС.

Предложенные технические и технологические решения предполагает эксплуатацию и техническое обслуживание штатным составом специалистов производственных участков по обслуживанию и ремонту устройств безопасности ЦТР. Внедрение новых технических и технологических решений, направленных на повышение качества технического обслуживания основных устройств безопасности, не требует привлечение дополнительного персонала.

Текущее состояние объекта инвестирования. ЦТР имеет 17 предприятий подчинения (региональных Дирекций), в структуре которых насчитывается 87 производственных участков.

Выбор пилотного полигона внедрения разработанных технических и технологических решений и его характеристика. В качестве объекта инвестирования рассмотрим СЛД-16 Москва-Сортировочная Московской дирекции по ремонту тягового подвижного состава – предприятия подчинения Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД». Выбор обусловлен текущим состоянием основных фондов по проекту.

Текущее состояние основных фондов по проекту для пилотного полигона. Информация о состоянии основных фондов по проекту для СЛД-16 Москва-Сортировочная сведены в таблицу 5.2.

Текущая потребность в основных фондах. С учетом таблицы 5.2 текущая потребность в основных фондах для пилотного полигона составляет 9 устройств проверки АЛС.

Таблица 5.2 – Состояние основных фондов по проекту

Тип релейного шкафа	Заводское изготовление Да/Нет	Зав. №	Завод изготовитель	Дата изготовления	Частоты сигнальных токов	Количество подключаемых испытательных участков к релейному шкафу
ШРШ-4	да	6494		1977	50	3
ШРШ-4	нет	-	-	1980	50	2
-	нет	-	-	2017	50	2
ДАВМ УПР-АЛСЕ	да	16.2940 3	ООО «Транспроект-автоматика»	01.12.2016	25,50,75	4
-	нет	-	-	1969	50	2
-	нет	-	-	1960	50	4
ШРШ-4	да	1867		1995	50	2
-	нет	-	-	1974	50	2
-	нет	-	-	1974	50	1

Мероприятия по реализации проекта. Горизонт реализации проекта – десять лет. В рамках плана реализации проекта предполагается выполнить следующие мероприятия:

1 Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная (балансодержатель – ЦТР, ответственный исполнитель определяется по конкурсу).

Технологический эффект от реализации плана мероприятий: подготовка АСУ ЦОУБ к тиражированию разработанных технических и технологических решений. Эксплуатационный эффект плана мероприятий: повышение качества обслуживания основных устройств безопасности. Экономический эффект плана мероприятий:

- экономия рабочего времени, затрачиваемого на определение причин нарушений и сбоев в работе основных устройств безопасности;

- сокращение времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов.

План ввода в эксплуатацию объектов основных средств приведен в таблице 5.3. Мероприятия по обновлению и модернизации основных фондов приведены в таблице 5.4. Планируемые результаты реализации проекта приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.3 - План ввода в эксплуатацию объектов основных средств

Наименование мероприятия / титула	Ед. изм.	Всего по проекту	По годам реализации												
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033		
Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная	шт.	9	1	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5.4 - Мероприятия по обновлению и модернизации основных фондов

Наименование основных фондов	Всего основных фондов	Количество основных фондов, требующих замены	По годам реализации											
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная	9	9	1	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 5.5 - Планируемые результаты реализации проекта

Наименование мероприятия / титула	Показатель деятельности ОАО «РЖД»	Ед. изм.	Значение до реализации проекта	По годам реализации											
				2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная	Инвестиционные затраты	млн руб.	0,000	1,200	3,600	3,600	1,200	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Эксплуатационные расходы	млн руб.	5,320	3,596	2,182	1,711	1,240	1,160	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
	Доходы по проекту	млн руб.	0,000	0,311	1,725	3,138	4,080	4,160	4,240	4,240	4,240	4,240	4,240	4,240	4,240

Принятые предположения и допущения.

Горизонт реализации проекта – 10 лет.

Шаг планирования – 1 год.

Рассмотрена потребность в разработанных технических и технологических решениях – перспективных устройствах проверки АЛС – только для СЛД-16 Москва-Сортировочная.

Норма времени на выполнение технологических операций с применением устройств проверки АЛС для различных типов локомотивов принята равной 0,80 нормочаса.

Разработанные технические и технологические решения, являясь испытательным оборудованием, могут быть отнесены согласно ОКОФ-2 [226] к инструментам и приборам и машинам для измерения или контроля, не включенным в другие группировки (код 330.26.51.66), пятой амортизационной группе (аппаратура и устройства специализированные для автоматизации технологических процессов) со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно. Срок полезного использования предлагаемых технических и технологических решений для расчета амортизации линейным способом принят равным 10 годам. Средняя стоимость предложенного устройства проверки АЛС принята равной 1,200 млн руб. Средняя стоимость устройств проверки АЛС других типов принята равной 0,800 млн руб.

Начисление амортизации при расчетах осуществлялось линейным способом. Начисление амортизационных отчислений начинается с года, следующего за годом приобретения оборудования.

На 01.01.2023 год средний износ основных фондов составит 90,0 %. Остаточная стоимость основных фондов составит 0,720 млн руб.

Цены даны без НДС.

Часовая тарифная ставка рабочего первого разряда определена путем деления минимального размера оплаты труда, установленного в ОАО «РЖД» на уровне в 16242 руб. [227], на среднемесячную норму рабочего времени для 2023 календарного года в 164,4 [228] и составила 98,80 руб. Время работы с

оборудованием взято равным 0,80 часа. Разряд специалиста принят равным седьмому. Для седьмого разряда взят тарифный коэффициент 2,82 [229].

При расчете приняты во внимание: факт объема выполнения ТО-2 в секциях на 2022 г. – 18 001 шт., факт числа работающих на ПТОЛ на 2022 г. – 30,15.

Тиражирование разработанных технических и технологических решений может быть распространено на иные филиалы ОАО «РЖД», связанные с обслуживанием основных устройств безопасности в частности на Центральную дирекцию моторвагонного подвижного состава – филиал ОАО «РЖД» (ЦДМВ).

Финансовый план. Данные об инвестиционных затратах по проекту приведены в таблице 5.6. Эксплуатационные расходы по проекту приведены в таблице 5.7. Доходные поступления по проекту приведены в таблице 5.8. Денежные потоки по проекту приведены в таблице 5.9.

Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составляет 4,240 млн руб. ежегодно за счет сокращения эксплуатационных расходов, связанных с определением причин нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности вручную.

Следует отметить, что дополнительный экономический эффект от внедрения разработки может быть получен за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями. По данным Мониторинга за 2021 год допущено 17416 случаев автостопных торможений [42], суммарное время простоя в составило 2553,5 поездочаса. С учетом того, что один поездочас простоя составляет в среднем 2526 руб. в соответствии с укрупненной расходной ставкой для использования в экономических задачах ОАО «РЖД» по состоянию на 01.01.2018 г. суммарные финансовые потери ОАО «РЖД» составляют 6,450 млн руб.

Таким образом расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составляет 6,450 млн руб. ежегодно за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов.



Таблица 5.8 - Доходные поступления по проекту, в млн руб.

Статья доходных поступлений	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Всего
Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная												
Экономия эксплуатационных расходов	0,311	1,725	3,138	3,609	4,080	4,160	4,240	4,240	4,240	4,240	4,240	38,225
<b>ИТОГО</b>	<b>0,311</b>	<b>1,725</b>	<b>3,138</b>	<b>3,609</b>	<b>4,080</b>	<b>4,160</b>	<b>4,240</b>	<b>4,240</b>	<b>4,240</b>	<b>4,240</b>	<b>4,240</b>	<b>38,225</b>

Таблица 5.9 - Денежные потоки по проекту «Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная», в млн руб.

Статья потока денежных средств	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Операционный денежный поток</b>										
<b>Приток денежных средств</b>										
Налоговый щит	0,056	0,128	0,200	0,224	0,248	0,232	0,216	0,216	0,216	0,216
Доходы от реализации проекта	0,311	1,725	3,138	3,609	4,080	4,160	4,240	4,240	4,240	4,240
<b>Отток денежных средств:</b>										
Эксплуатационные расходы по проекту без учета амортизационных отчислений	4,729	2,956	1,182	0,591	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Налоговые выплаты	0,051	0,319	0,588	0,677	0,766	0,786	0,805	0,805	0,805	0,805
<b>Инвестиционный денежный поток:</b>										
<b>Отток денежных средств:</b>										
Инвестиции в материальные активы	1,200	3,600	3,600	1,200	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ИТОГО денежный поток по проекту</b>	<b>-5,613</b>	<b>-5,022</b>	<b>-2,032</b>	<b>1,365</b>	<b>2,362</b>	<b>3,607</b>	<b>3,651</b>	<b>3,651</b>	<b>3,651</b>	<b>3,651</b>
<b>Денежный поток нарастающим итогом</b>	<b>-5,613</b>	<b>-10,636</b>	<b>-12,667</b>	<b>-11,302</b>	<b>-8,941</b>	<b>-5,334</b>	<b>-1,682</b>	<b>1,969</b>	<b>5,621</b>	<b>9,272</b>

Определение типа инновации в рамках инновационного проекта. В качестве инновации рассматривается разработанное устройство проверки автоматической локомотивной сигнализации. Разработанное устройство проверки автоматической локомотивной сигнализации представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих дистанционную автоматическую диагностику основных устройств безопасности. Разработанное устройство проверки автоматической локомотивной сигнализации может рассматриваться как полностью новое техническое решение.

В соответствии с тем, что применение разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации в технологических процессах Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД», ее предприятиях подчинения и их структурных подразделениях требует капитальных вложений в непосредственно закупку нового оборудования, то такая инновация может быть отнесена к технологическим инновациям, а именно к технологическим процессным инновациям, т.к. применение разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации с точки зрения потребителя: грузоотправителя или пассажира – не приводит к значительному изменению оказываемых услуг, но приводит к изменению методов ее осуществления и улучшает экономические показатели ОАО «РЖД» [230].

Определение эффектов от инновационного продукта с учетом типа инновации. В соответствии с п. 4.2 Единой методики составлена таблица 5.10, в которой перечислены группы и виды эффектов от инновационного продукта – разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации, относящегося к технологическим процессным инновациям.

Таблица 5.10 – Группы и виды эффектов для разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации

Группа эффектов	Вид эффекта	Составляющие эффекта
Денежные	Ресурсный	Снижение (экономия) текущих или капитальных затрат (на покупку, установку или обслуживание и ремонт оборудования, техники и объектов инфраструктуры, затрат на персонал, на материалы, энергию и топливо и др.); Снижение или предотвращение ущерба (потерь) от аварий, пожаров, других чрезвычайных ситуаций, снижение или предотвращение затрат на ликвидацию их последствий, выплату штрафов и компенсаций пострадавшим; Снижение или предотвращение выплат иных компенсаций, штрафов (в т.ч. за несоблюдение сроков доставки грузов).
Неденежные	Социальный	Улучшение условий труда
	Управленческий	Создание возможности реализации новых бизнес-моделей; Повышение обоснованности и скорости принятия управленческих решений
	Научный (технологический)	Накопление новых знаний, научно-технического задела
	Системный (инфраструктурный)	Создание условий и предпосылок, повышение возможностей для реализации других инновационных проектов в будущем (в т.ч. внедрение IT-инфраструктуры, программ и платформ).

Денежный ресурсный эффект для данной разработки достигается за счет снижения затрат на персонал, т.к. автоматизируются процессы обслуживания основных устройств безопасности. Обработка данных от разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации в АСУ ЦОУБ обеспечит реализацию барьерных функций, исключающих выход единиц тягового железнодорожного подвижного состава с неисправными основными устройствами безопасности после проведения их диагностики.

Дополнительный денежный ресурсный эффект может быть достигнут за счет снижения числа сбоев в работе основных устройств безопасности, оказывающих среди прочего влияние на эффективность процесса движения поездов.

Неденежный социальный эффект достигается за счет централизации

информации, которую формирует разработанное устройство проверки автоматической локомотивной сигнализации, в АСУ ЦОУБ для ее дальнейшего использования, в частности, в системе мониторинга выполнения технологии обслуживания основных устройств безопасности.

Неденежный управленческий эффект достигается для данной разработки за счет ускорения принятия решения о необходимости выполнения ремонта или регулировке параметров основных устройств безопасности на основе диагностических данных, получаемых от разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации.

Неденежный научный (технологический) эффект достигается для данной разработки за счет накопления новых знаний о существующих и перспективных технических средств для контроля технического состояния локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов, а также формирования технического задела для модернизации разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации с целью обеспечения возможности проверки оборудования, функционирующего с использованием перспективных систем автоматической локомотивной сигнализации (АЛС-ЕН/2).

Денежный коммерческий эффект для данной разработки не достигается, т.к. не приводит к увеличению выручки от продаж услуг (за счет роста числа потребителей и/или средней цены услуги) или предотвращению сокращения (недополучения) выручки.

Неденежный экологический эффект для данной разработки не достигается, т.к. разработка, внедрение и тиражирование разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации не приводит снижению и/или предотвращению негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Неденежный потребительский эффект для данной разработки не достигается, т.к. разработка, внедрение и тиражирование разработанного устройства проверки автоматической локомотивной сигнализации не приведет к существенным повышению удовлетворенности потребителей (за счет роста

качества, комфорта железнодорожных услуг) или повышению лояльности потребителей к бренду ОАО «РЖД», улучшению имиджа компании.

Выбор методов оценки эффективности. Для инновационного проекта по внедрению разработанных технических и технологических решений по повышению качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности были выявлены как денежные, так и неденежные виды эффектов. К наиболее существенным следует отнести:

- для денежных – ресурсный;
- для неденежных – управленческий и системный (инфраструктурный).

Преобладающим для рассматриваемого инновационного проекта является денежный ресурсный эффект. В соответствии с этим оценка эффективности инновационного проекта должна быть осуществлена путем оценки на основе моделирования денежных потоков методом дисконтированных денежных потоков (Discounted Cash Flow, сокращенно – DCF).

Оценка экономической эффективности инновационного проекта. Осуществим оценку экономической эффективности инновационного рассматриваемого проекта с учетом положений [230, 231]. Рассчитаем ставку дисконтирования согласно модели кумулятивного построения. Тем самым будет обеспечен учет величины безрисковой ставки (равна ключевой ставке Банка России) и уровня риска по проекту (чем выше – тем выше ставка дисконтирования).

Ключевая ставка Банка России на дату осуществления расчета (01.03.2023) составляет 7,5 %. Так как рассматриваемый проект является проектом, поддерживающим производство ОАО «РЖД», то премию за риск можно считать равной 0 %.

Ставка дисконтирования в расчетах принята равной 7,5 %.

Расчетный период примем равным 10 годам.

Результаты расчетов сведены в таблице 5.11. Графики зависимостей  $DCF_t(t)$  и  $DCF_t$  нарастающим итогом ( $t$ ) приведены на рисунке 5.7.

Таблица 5.11 – Результаты расчетов по проекту «Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная», в млн руб.

$t$	$CF_t$ , млн руб.	$D_t$ , млн руб.	$DCF_t$ , млн руб.	$DCF_t$ нарастающим итогом, млн руб.
2023	-5,581	0,930	-5,191	-5,191
2024	-5,014	0,865	-4,339	-9,530
2025	-2,048	0,805	-1,649	-11,179
2026	1,341	0,749	1,004	-10,175
2027	2,330	0,697	1,623	-8,552
2028	3,574	0,648	2,316	-6,236
2029	3,619	0,603	2,181	-4,055
2030	3,619	0,561	2,029	-2,026
2031	3,619	0,522	1,888	-0,138
2032	3,619	0,485	1,756	1,618

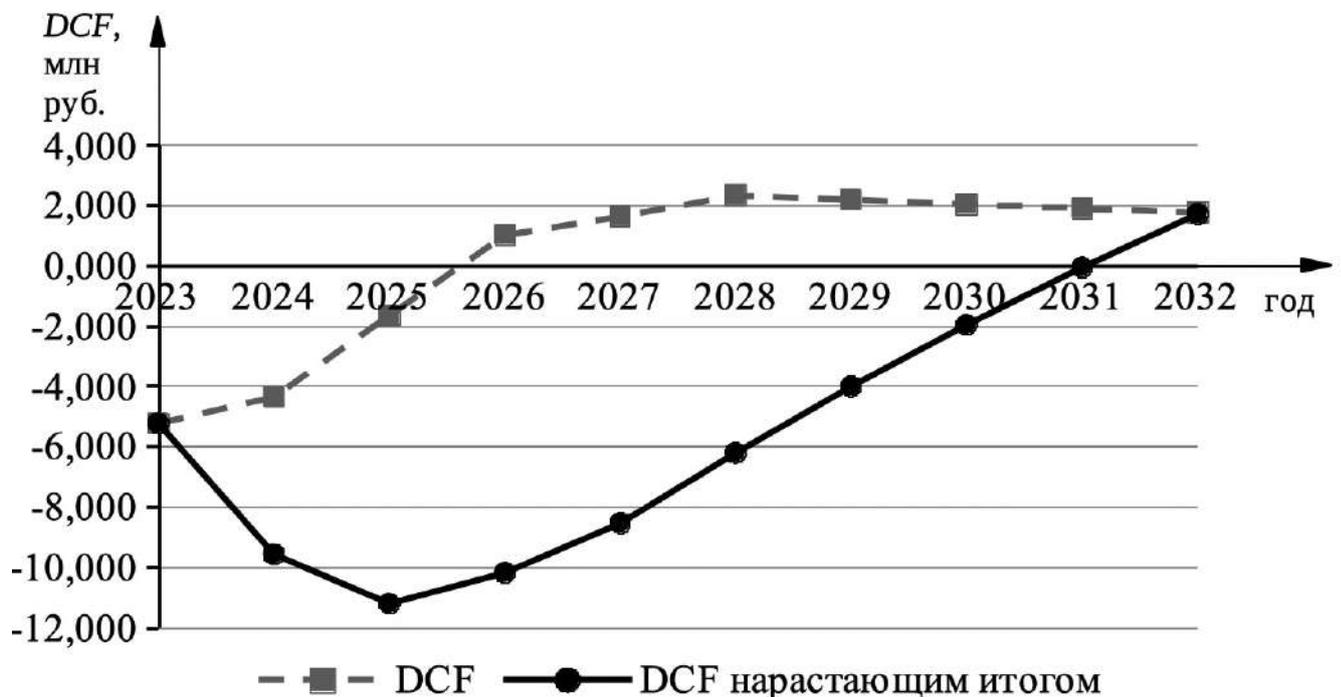


Рисунок 5.7 – Графики зависимостей  $DCF_t(t)$  и  $DCF_t$  нарастающим итогом ( $t$ ) для проекта «Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная»

Для проекта «Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная»:

$NPV = 1,726$  млн руб.

$IRR = 10,35$  %.

В соответствии с полученными результатами ( $NPV > 0$ ), реализация инвестиционного проекта «Закупка оборудования для нужд СЛД-16 Москва-Сортировочная» признана целесообразной.

## 5.6 Выводы по главе

Были получены следующие основные результаты:

1 Разработана система тестовых воздействий для оценки помехоустойчивости работы основных устройств безопасности. В основе системы тестовых воздействий – впервые сформулированный критерий определения уровня помехоустойчивости работы основных устройств безопасности – алгоритм принятия решения об изменении сигнального показания локомотивного светофора. Определены уровни помехоустойчивости работы основных устройств безопасности и соответствующие им критерии. Определен порядок оценки коэффициента возврата локомотивного приемника и применяемые для этого тестовые воздействия. Определена последовательность операций с использованием предложенных тестовых воздействий.

2 Разработана методика выбора конструкции и условий эксплуатации испытательных шлейфов без скрещиваний.

3 Разработаны устройства проверки АЛС для повышения качества обслуживания основных устройств безопасности на контрольных пунктах. Повышение качества обслуживания достигается за счет: учета влияния различных факторов, в первую очередь экранирующего влияния рельсов; контроля параметров линий индуктивной связи; исключения влияния человеческого фактора на результаты обслуживания основных устройств безопасности.

4 Разработаны требования к системе мониторинга выполнения технологии обслуживания основных устройств безопасности. Предложенные требования к структуре и функционированию системы, ее техническому и информационному обеспечению реализуются на базе эксплуатируемой АСУ ЦОУБ. Внедрение системы мониторинга позволит обеспечить реализацию цифровой трансформации технологических процессов ЦТР, ее предприятий подчинения и их структурных подразделений по обслуживанию и ремонту локомотивного оборудования.

5 Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составляет 6,450 млн руб. ежегодно за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов, и 4,240 млн руб. ежегодно за счет сокращения эксплуатационных расходов, связанных с определением причин нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности вручную.

Полученные результаты применены в нормативной и технической документации, используемой в ОАО «РЖД», а также в ряде технических решений, изготавливаемых и поставляемых в ОАО «РЖД».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам диссертационного исследования получены следующие итоги, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы:

1 Обобщены результаты научных исследований, технических и технологических решений по повышению качества технического обслуживания локомотивных устройств безопасности. К основным тенденциям развития технических средств для проверки работоспособности локомотивных устройств безопасности относятся в первую очередь снижение влияния человеческого фактора на результаты проводимых измерений, а также учет действия различных электромагнитных помех на работу бортового оборудования.

2 Разработаны математические модели, описывающие особенности индуктивной связи приемных катушек с различными проводными шлейфами. Для оценки соответствия условий проведения испытаний условиям эксплуатации введен коэффициент эффективности испытательного шлейфа.

3 Разработаны математические модели, описывающие влияние на получаемые результаты измерений технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности помех, характерных для контрольных пунктов: от токов в рельсовых нитях смежных путей и от токов в рельсовых нитях под приемными катушками испытуемого локомотива, наведенных за счет индуктивной связи «испытательный шлейф – рельсовая линия». Для оценки в условиях контрольных пунктов степени влияния помехи, создаваемой различными источниками, на результаты измерений, введен коэффициент действия помехи.

4 Установлена зависимость результатов определения технико-эксплуатационных характеристик локомотивных устройств безопасности от геометрических параметров шлейфа и электромагнитной обстановки в местах размещения испытательного оборудования на контрольных пунктах.

5 Разработана методика определения технического состояния локомотивного приемника и локомотивного дешифратора. В основу методики легла система тестовых воздействий, при синтезе которой учитывался алгоритм принятия

решения бортовыми устройствами о смене сигнального показания локомотивного светофора. Система тестовых воздействий использована при разработке устройства комплексной проверки автоматической локомотивной сигнализации типа УКП-АЛС и в других аналогичных устройствах. Разработанная методика была апробирована и реализована при обслуживании современных микропроцессорных устройств безопасности типа КЛУБ и БЛОК.

6 Разработаны новые технические и технологические решения, направленные на повышение качества обслуживания локомотивных устройств безопасности, в том числе по интеграции технических и программных средств контрольных пунктов в единое информационное пространство для исключения влияния человеческого фактора на результаты проводимых проверок и измерений на контрольных пунктах. Начато внедрение соответствующей Подсистемы автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ. КОНТУР») на сети железных дорог ОАО «РЖД». Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составляет 6,450 млн руб. ежегодно за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопными торможениями локомотивов, и 4,240 млн руб. ежегодно за счет сокращения эксплуатационных расходов, связанных с определением причин нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности вручную.

7 Рекомендуется применение разработанных технических решений в качестве типового испытательного оборудования в условиях контрольных пунктов.

8 Перспективой дальнейшей разработки темы исследования является разработка методов предиктивной диагностики локомотивных устройств безопасности в пути следования, применения полученных аналитических моделей для оценки влияния электромагнитных помех в условиях эксплуатации устройств, использующих канал индуктивной связи для организации информационного взаимодействия с путевым оборудованием.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей работе используются следующие сокращения и обозначения:

40 – сигнал ограничения допустимой скорости в 40 км/ч в системе автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости

АЛС – автоматическая локомотивная сигнализация

АЛСН – автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа

АЛС-АРС – автоматическая локомотивная сигнализация с автоматическим регулированием скорости

АЛС-ЕН, АЛС-ЕН/2 – многозначная автоматическая локомотивная сигнализация

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУТ НБД – автоматизированная система учета, анализа и расследования нарушений безопасности движения по результатам расшифровки скоростемерных лент

АСУТ-НБД-2 – автоматизированная система учета и анализа нарушений безопасности движения поездов по результатам автоматической расшифровки кассет регистрации локомотивных устройств

АСУТ ТП – автоматизированная система контроля исполнения технологических процессов ремонта тягового подвижного состава

АСУ-Ш-2 – комплексная автоматизированная система управления хозяйством централизации, сигнализации и блокировки второго поколения

АСУ ЦОУБ – автоматизированная система управления центрами по обслуживанию устройств безопасности

АС «ЭПЛ» – автоматизированная система «Электронный паспорт локомотива»

БЛОК – безопасный локомотивный объединенный комплекс

БЛОК-М – безопасный локомотивный объединенный комплекс масштабируемый

БЛОК-КХ – безопасный локомотивный объединенный комплекс масштабируемый для специального самоходного подвижного состава на комбинированном ходу

ВСП – вспомогательный железнодорожный подвижной состав

ДКСВ-М – дешифратор кодовых сигналов включающий микропроцессорный

ЕС ПУЛ - единая система пономерного учета локомотивов

Ж - тип сигнала числового кода, включающий желтое сигнальное показание локомотивного светофора

З - тип сигнала числового кода, включающий зеленое сигнальное показание локомотивного светофора

ИК - инфраструктурный комплекс

ИП-ЛК - измеритель параметров локомотивных катушек

КАС АНТ - комплексная автоматизированная система учета, контроля, устранения отказов технических средств и анализа их надежности

КЖ - тип сигнала числового кода, включающий желтое с красным сигнальное показание локомотивного светофора

КИО-САУТ - комплекс информационного обеспечения системы автоматического управления торможением

КЛУБ - комплексное локомотивное устройство безопасности

КЛУБ-У - комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное

КЛУБ-П - комплексное локомотивное устройство безопасности для специального самоходного подвижного состава

КЛУБ-УП - комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное для специального самоходного подвижного состава

КОН - блок контроля несанкционированного отключения ЭПК ключом

КРП - контрольно-ремонтный пункт

КП - контрольный пункт

МД-АЛСН - модуль диагностики приемных катушек и приемника сигналов автоматической локомотивной сигнализации

МВПС - моторвагонный подвижной состав

МРМ - мобильное рабочее место

ОАО «РЖД» - Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»

ОЧ - отсутствие частоты

ПуГВ - провод установочный гибкий с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката

РЗИ – разработчик или завод-изготовитель

САИ «Пальма» – система автоматической идентификации железнодорожного подвижного состава

САУТ – система автоматического управления торможением

СБ ССПС КХ – система обеспечения безопасности движения специального самоходного подвижного состава и автотрис легкого типа

СЛП – сервисные локомотивные предприятия

СР – реле соответствия

ССПС – специальный самоходный подвижной состав

Т – Дирекция тяги – филиал ОАО «РЖД»

ТР – Дирекция по ремонту тягового подвижного состава – филиал ОАО «РЖД»

УПР-АЛС – устройство проверки автоматической локомотивной сигнализации

УКП-АЛС – устройство комплексной проверки автоматической локомотивной сигнализации

ЭВМ – электронная вычислительная машина

ЭДС – электродвижущая сила

ЭКРАН-М – прибор для измерения экранирующего влияния рельсов на работу шлейфов испытательных участков

ЭПК – электропневматический клапан

Bluetooth – производственная спецификация беспроводных персональных сетей

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11

## СПИСОК ТЕРМИНОВ

В настоящей работе использованы следующие термины с соответствующими определениями:

**Автоматическая локомотивная сигнализация:** система передачи на бортовые локомотивные устройства информации о показаниях путевых светофоров, о занятости или свободности впереди лежащих блок-участков [п. 9 приложения № 5 Правил технической эксплуатации на железных дорогах Российской Федерации]

**Автостопное торможение:** экстренное торможение электропневматическим клапаном автостопа ЭПК [раздел II, Инструкция № Л229]

**Локомотивное устройство безопасности:** бортовое локомотивное устройство, обеспечивающее контроль установленных скоростей движения, соответствие скорости сигналам автоматической локомотивной сигнализации, проверку бдительности машиниста, управление электропневматическим клапаном автостопа (ЭПК) для включения экстренного торможения поезда [п. 2.3.57, ГОСТ 34530-2019]

**Поверхность катания рельса:** верхняя поверхность головки рельса, где возможно контактирование рельса с колесами подвижного состава [п. 3.1.13, ГОСТ Р 55820-2013]

**Рабочее диагностирование:** диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия [п. 10, ГОСТ 20911-89]

**Сбой кодов АЛС:** кратковременное изменение показания локомотивного светофора на показание не соответствующее показанию путевого светофора, при следовании по кодированному участку пути [раздел II, Инструкция № Л229]

**Сбой в работе устройств АЛС и САУТ:** кратковременное нарушение работы устройств АЛС, САУТ и (или) алгоритмов их функционирования с последующим самоустранением, в том числе после регламентированного воздействия оператора (машиниста локомотива, ВСП, МВПС, ССПС и т. д.) [раздел II, Инструкция № Л229]

**Тестовое диагностирование:** диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия [п. 11, ГОСТ 20911-89]

**Электромагнитная обстановка:** совокупность электромагнитных явлений, существующих в данном месте [п. 161-01-01, ГОСТ 30372-2017]

**Электромагнитная совместимость:** способность оборудования или системы функционировать удовлетворительно в окружающей электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных возмущений чему-либо в этой обстановке [п. 161-01-07, ГОСТ 30372-2017]

**Помехозащищенность (внешняя невосприимчивость):** способность устройства, оборудования или системы функционировать без ухудшения качества при наличии электромагнитных помех, проникающих не через его сигнальные входные зажимы или антенну [п. 161-03-07, ГОСТ 30372-2017]

**Помехоустойчивость (внутренняя невосприимчивость):** способность технического средства сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров [п. 161-01-20 и 161-03-06, ГОСТ 30372-2017]

**Фактическое значение порога срабатывания локомотивного приемника по действующему значению тока в линии индуктивной связи:** минимальное действующее значение силы тока в линии индуктивной связи, при котором наблюдается устойчивое во времени – без переключения на красный или белый огонь – показание локомотивного светофора при непрерывной трансляции от путевых устройств кодовой комбинации одного вида

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Валинский, О. С.** Итоги работы и задачи локомотивного комплекса / О. С. Валинский // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 2. – С. 48-51.
- 2 **Димитрюха, В. В.** Вождение грузовых поездов в одно лицо: перспективы и проблемы / В. В. Димитрюха // Локомотив. – 2018. – № 9(741). – С. 5-7.
- 3 **Попов, П. А.** Система высокоточного позиционирования беспилотного подвижного состава / П. А. Попов, В. Ф. Иванов // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 4. – С. 16-20. – DOI 10.34649/AT.2020.4.4.003.
- 4 **Охотников, А. Л.** Ситуационное беспилотное управление / А. Л. Охотников // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2019. – № 3(13). – С. 96-107.
- 5 **Охотников, А. Л.** Разработка систем для автономного подвижного состава / А. Л. Охотников, М. А. Чернин // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 11. – С. 21-24. – DOI 10.34649/AT.2021.11.11.006.
- 6 **Охотников, А. Л.** Влияние системы управления поездом в автоматическом режиме на сетевое развитие железных дорог / А. Л. Охотников, В. Я. Цветков // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – Т. 4. – № 2(14). – С. 76-83.
- 7 **Баранов, Л. А.** Обеспечение безопасности движения поездов в беспилотных транспортных системах / Л. А. Баранов // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019 : Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019, Москва, 17–20 июня 2019 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 1995-1999. – DOI 10.25728/vspru.2019.1995.
- 8 Республика Корея на пути создания беспилотных поездов // Железные дороги мира. – 2021. – № 5. – С. 64-66.
- 9 **Пехтерев, Ф. С.** Развитие скоростного и высокоскоростного движения в России / Ф. С. Пехтерев // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 6. – С. 15-18.

10 «Ласточки» на маршруте Москва - Минск - Москва // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 6. – С. 2.

11 **Лесун, А. Ф.** Программа увеличения веса поезда - в действии / А. Ф. Лесун // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 10. – С. 16-24.

12 **Кошубаров, А. Н.** Важный фактор наращивания перевозочной мощности / А. Н. Кошубаров // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 4. – С. 28-30.

13 **Осьминин, А. Т.** О научно-практических проблемах повышения пропускных и провозных способностей линий / А. Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 37-48.

14 Концепция развития локомотивных устройств безопасности. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 28 января 2019 г. № 123/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

15 **Теслев, А. Н.** Проверка локомотивной сигнализации в середине шлейфа ИШ-74 / А. Н. Теслев // Локомотив. – 2019. – № 4(748). – С. 24.

16 **Теслев, А. Н.** Автоматическое включение-выключение шлейфа ИШ-74 у здания ПТОЛ / А. Н. Теслев // Локомотив. – 2022. – № 5(785). – С. 31.

17 **Розенберг, И. Н.** Разработка стенда для обнаружения низкой помехоустойчивости локомотивной аппаратуры АЛСН / И. Н. Розенберг, С. М. Якимов ; Научно-исследовательский и проектно конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте. - Москва, 2014. - 230 с. - Библиогр.: 44 назв. - Текст : непосредственный.

18 **Барвелл, Ф. Т.** Автоматика и управление на транспорте: Пер. С англ. - 2-е изд., испр. - М.: Транспорт, 1990. 367 с.

19 **Лисенков, В.М.** Статистическая теория безопасности движения поездов : Учеб. для студентов вузов ж. д. трансп. / В. М. Лисенков; М-во путей сообщ. РФ, РАН. - М. : ВИНТИ РАН, 1999. - 331 с., [1] л. портр. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-900242-29-3.

20 **Линьков, В. И.** Методы повышения эффективности интервального регулирования движения поездов на железнодорожном транспорте : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Линьков Владимир Иванович. – Москва, 2011. – 47 с.

21 **Семочкин, Е. В.** Оценка эффективности интервального регулирования движения поездов : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Семочкин Евгений Вячеславович. – Москва, 2013. – 23 с.

22 Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту локомотивных устройств безопасности № Л229. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 12 марта 2019 г. № 454/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

23 Аппаратура автоматической локомотивной сигнализации АЛСНВ-1-Д, АЛСНВ-1-ДБ. Руководство по эксплуатации. 81110-00-00 РЭ. - 63 с.

24 Микропроцессорный дешифратор АЛС ДКСВ-М. Руководство по эксплуатации. 36465-000-00 РЭ. Москва, 2018. - 49 с.

25 Устройство КЛУБ-У. Руководство по эксплуатации. Часть первая. 36991-00-00 РЭ. Номер изменения 277. Подписано в печать 15 июня 2020 г. - 336 с.

26 Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У) : Учебное пособие / В. И. Астрахан, В. И. Зорин, Г. К. Кисельгоф и др.; Под ред. В. И. Зорина и В. И. Астрахана. - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. - 177 с. - ISBN 978-5-89035-465-5.

27 Безопасный локомотивный объединенный комплекс БЛОК. Руководство по эксплуатации. 36905-000-00 РЭ. - 194 с.

28 **Розенберг, Е. Н.** Комплексные локомотивные системы безопасности / Е. Н. Розенберг, Е. Е. Шухина, Г. К. Кисельгоф // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 10. – С. 2-4.

29 **Пинчуков, П. С.** Анализ влияния обратного тягового тока на работу рельсовых цепей / П. С. Пинчуков, С. И. Макашева // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3(71). – С. 40-49.

30 **Шаманов, В. И.** Влияние условий эксплуатации на устойчивость работы АЛСН / В. И. Шаманов, А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 5. – С. 46-50.

31 **Табунщиков, А.К.** Новые принципы и направления работ по повышению помехоустойчивости АЛСН / А. К. Табунщиков, Ю.А. Барышев, С. М. Якимов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. - с. 201-202.

32 **Шаманов, В. И.** Оценка электромагнитной обстановки для аппаратуры автоматики при электротяге / В. И. Шаманов, Б. М. Ведерников, Л. Т. Тасболатова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2019. – № 4(111). – С. 174-179.

33 **Шаманов, В. И.** Анализ и прогнозирование электромагнитной обстановки для аппаратуры автоматики при электротяге / В. И. Шаманов // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2020. – № 2(41). – С. 9-11.

34 Положение о порядке служебного расследования, учета и анализа сбоев в работе устройств автоматической локомотивной сигнализации и систем автоматического управления торможением поезда. Утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 30 мая 2016 года № 1011р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

35 Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ. Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 11 июля 2016 г. № 1375/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

36 Классификатор причин нарушений, нештатных ситуаций в работе локомотивных бригад, локомотивных устройств безопасности. Утвержден

распоряжением ОАО «РЖД» от 24 ноября 2016 г. № 2374/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

37 Классификатор регистрируемых в АСУТ НБД нарушений, нештатных ситуаций, выявляемых при расшифровке носителей информации. Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 24 ноября 2016 г. № 2374/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

38 Классификатор опасных отказов технических средств системы КАСАНТ. Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 04 февраля 2016 г. № 191р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

39 Мониторинг работы локомотивных устройств безопасности на железных дорогах ОАО «РЖД» за декабрь и 12 месяцев 2018 г. (на 258-и листах). ОИ-1727. Москва: Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства – филиал ОАО «РЖД», 2019. - 258 с.

40 Мониторинг работы локомотивных устройств безопасности на железных дорогах ОАО «РЖД» за декабрь и 12 месяцев 2019 г. (на 236-и листах). ОИ-1806. Москва: Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства – филиал ОАО «РЖД», 2020. - 236 с.

41 Мониторинг работы локомотивных устройств безопасности на железных дорогах ОАО «РЖД» за декабрь и 12 месяцев 2020 г. (на 218-и листах). ОИ-1842. Москва: Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства – филиал ОАО «РЖД», 2021. - 218 с.

42 Мониторинг работы локомотивных устройств безопасности на железных дорогах ОАО «РЖД» за декабрь и 12 месяцев 2021 г. (на 223-х листах). ОИ-1892. Москва: Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства – филиал ОАО «РЖД», 2022. - 223 с.

43 **Кравцов, Ю. А.** Интервальное регулирование при наличии помех / Ю. А. Кравцов, В. М. Сафро, А. Б. Чегуров // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10. – № 4(42). – С. 66-70.

44 **Тихонов, В. И.** Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.

45 **Трофимов, Ю. А.** Обеспечение электромагнитной совместимости рельсовых цепей и устройств автоматической локомотивной сигнализации с тяговой сетью переменного тока : специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Трофимов Юрий Анатольевич. – Иркутск, 2006. – 22 с.

46 **Бестемьянов, П. Ф.** Исследование электромагнитной обстановки на электрифицированных участках железных дорог / П. Ф. Бестемьянов, Ю. А. Кравцов, В. И. Шаманов // Электротехника. – 2019. – № 9. – С. 3-7.

47 **Кравцов, Ю. А.** Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом / Ю. А. Кравцов // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 7-27.

48 Нормативы по электромагнитной совместимости подвижного состава и рельсовых цепей и методы их проверки / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 2. – С. 65-71.

49 Об оценке влияния асинхронных тяговых двигателей на устройства автоматики / Ю. А. Барышев, А. К. Табунщиков, Н. Н. Титова, В. С. Кузьмин // Компетентность. – 2019. – № 8. – С. 48-51.

50 Электромагнитная совместимость устройств локомотивной сигнализации и подвижного состава / Ю. А. Барышев, А. К. Табунщиков, В. С. Кузьмин, Л. И. Кизименко // Компетентность. – 2020. – № 2. – С. 8-11.

51 Анализ работоспособности автоматической локомотивной сигнализации числового кода / В. С. Антоненко, Ю. А. Кравцов, В. М. Сафро, А. Б. Чегуров // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – № 1(26). – С. 101-113.

52 **Кривякин, Г. В.** Математическая модель динамики опорно-осевого тягового привода с учетом колебаний надрессорного строения / Г. В. Кривякин // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2006. – № 11. – С. 73-79.

53 Бестемьянов, П. Ф. Методика статистического моделирования электромагнитных помех в каналах автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте / П. Ф. Бестемьянов // Электротехника. – 2015. – № 9. – С. 2-8

54 Инструкция по содержанию локомотивных приемных катушек. Технологическая инструкция. ПКБ ЦТ.25.0115. Утв. 26 ноября 2011 г. - 11 с.

55 Технические требования на оборудование контрольных пунктов АЛСН испытательными шлейфами «ИШ-74». Утверждены 20 февраля 1975 г. Москва, 1974. - 6 с.

56 Письмо Министерства путей сообщения «О методических указаниях для КП АЛСН» от 25 сентября 1997 г. № ЦШТех-23/15.- 2 с.

57 Контрольный пункт АЛС. Методические указания по проектированию и оборудованию. 36090-00-00 МУ. Утверждены 30 декабря 1996 г. В 2 альбомах: альбом 1. М: НИИЖА, 1996. - 24 с.

58 Устройство КЛУБ-У. Руководство по эксплуатации. Часть первая. 36991-00-00 РЭ. Номер изменения 275. - 360 с.

59 Инструкция по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 12 июля 2021 г. № 1510/р. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

60 Устройство переносное «Испытатель локомотивной сигнализации ИЛС-3-М1/ПЛ». Руководство по эксплуатации. НВТФ.468925.002 РЭ. 2019 г. Текст: электронный. URL: <http://www.npoplazma.ru/images/rukovodstvo%20ils.pdf> (дата доступа 27.06.2022).

61 Устройство бесшлейфовой проверки. 36998-00-00 РЭ. - 56 с.

62 Инструкция по ремонту устройств автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН). № ПКБ ЦТ.25.0189. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 31 января 2019 г. № 167/р. Текст: электронный. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс» (БД АСПИЖТ).

63 Устройство проверки УПР-АЛСЕ. Техническое описание. 36983-01-00 ТО. Утверждено 22 августа 2000 г. Москва: Министерство путей сообщения, 2000. - 21 с.

64 **Кузьмин, В. С.** О технических методах снижения числа сбоев в работе основных локомотивных устройств безопасности / В. С. Кузьмин, Л. И. Стряпкин, Р. О. Рядчиков // Автоматика на транспорте. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 133-149. – DOI 10.20295/2412-9186-2022-8-2-133-149.

65 Система управления и диагностики электровоза ЭП10 / Под ред. С. В. Покровского. – М.: Интекст, 2009. – 356 с.

66 **Воротилкин, А. В.** Проблемы влияния тяжеловесных поездов на приборы безопасности при электротяге переменного тока / А. В. Воротилкин, А. П. Хоменко, В. И. Шаманов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 10. – С. 17-21.

67 Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛСН / И. Н. Шевердин, В. И. Шаманов, Ю. А. Трофимов, А. В. Пультяков // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – № 10. – С. 16-19.

68 **Патент № 2249508 С1 Российская Федерация, МПК В60L 3/00 (2000.01).** Устройство контроля тягового тока электровоза по условиям электромагнитной совместимости с фазочувствительными рельсовыми цепями железнодорожной автоматики : № 2003128084/11 : заявл. 19.09.2003 : опубл. 10.04.2005 / М. Д. Рабинович, Б. Д. Никифоров, Ю. А. Кравцов [и др.] ; заявитель Закрытое акционерное общество «Отраслевой центр внедрения новой техники и технологий». – 6 с.

69 Методика оценки работоспособности рельсовых цепей тональной частоты при воздействии тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом / П. Ф. Бестемьянов, Ю. А. Кравцов, Е. Г. Щербина, А. Б. Чегуров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 1(45). – С. 87-92.

70 Нормативы по электромагнитной совместимости подвижного состава и рельсовых цепей и методы их проверки / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 2. – С. 65-71.

71 История СТМ [Электронный ресурс] // Машиностроительный холдинг железнодорожной техники - Синара - Транспортные Машины: [сайт]. URL: <https://sinaratm.ru/about/history/> (дата обращения 26.03.2022).

72 История Трансмашхолдинга [Электронный ресурс] // ТМХ: [сайт]. URL: [https://www.tmholding.ru/about\\_us/history\\_tm/](https://www.tmholding.ru/about_us/history_tm/) (дата обращения 26.03.2022).

**73 Патент № 2248899 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/04 (2000.01).** Комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное (клуб-у) : № 2003129732/11 : заявл. 08.10.2003 : опубл. 27.03.2005 / А. Ю. Елагин, В. И. Зорин, С. В. Киселева [и др.] ; заявитель ООО «Транспортные системы безопасности и автоматической локомотивной сигнализации» (ООО «СБ-ТРАНС-АЛС»). – 9 с.

**74 Патент № 2653667 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Устройство бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2017129701 : заявл. 22.08.2017 : опубл. 11.05.2018 / С. В. Киселева, Г. К. Кисельгоф, Д. М. Красовицкий [и др.] ; заявитель Акционерное общество Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте. – 18 с.

**75 Патент на полезную модель № 112138 U1 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Система автоматической локомотивной сигнализации с контролем бдительности машиниста и скорости движения локомотива : № 2010111367/11 : заявл. 25.03.2010 : опубл. 10.01.2012 / А. М. Вайгель, А. Н. Капустин, Б. Д. Никифоров [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ» (ОАО «РЖД»). – 16 с.

**76 Патент № 2420418 С2 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Комплексное локомотивное устройство безопасности : № 2007145632/11 : заявл. 11.12.2007 : опубл. 10.06.2011 / В. И. Зорин, С. А.

Перевозчиков, А. С. Рычков [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Ижевский радиозавод». – 15 с.

**77 Патент № 2513341 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/20 (2006.01).** Способ автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа и устройство автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа : № 2012143287/11 : заявл. 10.10.2012 : опубл. 20.04.2014 / В. В. Висков, А. В. Гурьянов, Г. К. Кисельгоф [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». – 6 с.

**78 Патент № 2652676 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Устройство автоматической локомотивной сигнализации с интегрированием принимаемых сигналов : № 2017107858 : заявл. 10.03.2017 : опубл. 28.04.2018 / А. К. Табунщиков, В. С. Кузьмин, Л. И. Стряпкин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» МГУПС (МИИТ). – 7 с.

**79 Патент № 2653658 С1 Российская Федерация, МПК В61L 23/34 (2006.01).** Устройство автоматической локомотивной сигнализации : № 2017107859 : заявл. 10.03.2017 : опубл. 11.05.2018 / А. К. Табунщиков, В. С. Кузьмин, Н. Н. Титова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» МГУПС (МИИТ). – 8 с.

**80 Патент на полезную модель № 202178 U1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01), В61L 3/16 (2006.01).** Устройство для снижения числа сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации : № 2020132953 : заявл. 06.10.2020 : опубл. 05.02.2021 / В. С. Кузьмин. – 11 с.

**81 Патент на полезную модель № 159957 U1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Устройство автоматической локомотивной сигнализации : № 2015114247/11 : заявл. 16.04.2015 : опубл. 20.02.2016 / В. Б. Леушин, А. И. Ледовских. – 6 с.

**82 Патент № 2241620 С2 Российская Федерация, МПК В61С 17/12 (2000.01), В61L 3/08 (2000.01).** Способ передачи данных через проводник тягового тока, проводящий электрический приводной ток для транспортных средств : № 2001125935/11 : заявл. 22.02.2000 : опубл. 10.12.2004 / Г. Грипентрог, Р. Майер, Э. Шнайдер, П. Прибе. – 10 с.

**83 Патент № 2304061 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Адаптивный приемник сигналов автоматической локомотивной сигнализации : № 2005137093/11 : заявл. 30.11.2005 : опубл. 10.08.2007 / В. М. Абрамов, Б. Д. Никифоров, А. Э. Правдолюбов [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «АВП-Технология». – 7 с.

**84 Патент № 2618616 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01), Н04В 15/00 (2006.01).** Устройство подавления импульсных помех на входе локомотивного приемника АЛС : № 2015154775 : заявл. 21.12.2015 : опубл. 04.05.2017 / И. А. Аргунов, Н. Ю. Вихрова, Е. В. Горенбейн [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». – 7 с.

**85 Патент № 2629831 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Способ защиты устройств автоматической локомотивной сигнализации от аддитивных сосредоточенных помех : № 2016137520 : заявл. 20.09.2016 : опубл. 04.09.2017 / А. С. Архипов, А. А. Горчаков, В. А. Коляда [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»). – 9 с.

**86 Патент № 2727077 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Однополосный цифровой фильтр для автоматической локомотивной сигнализации : № 2019114631 : заявл. 13.05.2019 : опубл. 17.07.2020 / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пультяков, В. В. Демьянов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО ИрГУПС). – 8 с.

**87 Патент на полезную модель № 158579 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/20 (2006.01).** Устройство автоматической локомотивной сигнализации с дополнительной компенсацией помех на входе приемника : № 2015118934/11 : заявл. 20.05.2015 : опубл. 10.01.2016 / А. К. Табунщиков, Ю. А. Барышев, И. А. Аргунов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» МГУПС (МИИТ). – 10 с.

**88 Патент на полезную модель № 87984 U1 Российская Федерация, МПК В61L 23/34 (2006.01).** Устройство автоматической локомотивной сигнализации : № 2009117398/22 : заявл. 08.05.2009 : опубл. 27.10.2009 / Ю. А. Барышев, А. К. Табунщиков ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ). – 4 с.

**89 Патент № 2533942 С2 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Устройство повышения электромагнитной совместимости автоматической локомотивной сигнализации с обратной тяговой сетью : № 2013109329/11 : заявл. 01.03.2013 : опубл. 27.11.2014 / А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВПО ИрГУПС). – 7 с.

**90 Патент на полезную модель № 47307 U1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2000.01).** Приемное устройство автоматической локомотивной сигнализации : № 2005105403/22 : заявл. 25.02.2005 : опубл. 27.08.2005 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, К. Э. Блачев ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). – 13 с.

**91 Патент № 2344958 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01).** Способ защиты работы устройств автоматической локомотивной сигнализации от помех линий электропередач : № 2007113294/11 : заявл. 09.04.2007 : опубл. 27.01.2009 / Ю. И. Полевой, Л. В. Полевая, Д. В. Аграфенин ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). – 5 с.

**92 Патент № 2466897 С2 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01).** Устройство защиты работы устройств автоматической локомотивной сигнализации от помех линий электропередач : № 2011108178/11 : заявл. 02.03.2011 : опубл. 20.11.2012 / Ю. И. Полевой, Д. В. Аграфенин, А. В. Вайшнарас ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС). – 6 с.

**93 Патент № 2475395 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01).** Устройство защиты работы устройств автоматической локомотивной сигнализации от помех линий электропередач : № 2011127276/11 : заявл. 01.07.2011 : опубл. 20.02.2013 / Ю. И. Полевой, А. М. Косолапов ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС). – 7 с.

**94 Патент № 2656682 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01).** Универсальный способ защиты работы устройств АЛС от помех : № 2017117093 : заявл. 17.05.2017 : опубл. 07.06.2018 / Ю. И. Полевой, А. В. Горелик. – 11 с.

95 Кузьмин, В. С. Устройства проверки АЛС: прошлое, настоящее и ближайшее будущее / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, Н. А. Гаврилюк // Локомотив. – 2021. – № 6(775). – С. 37-39.

**96 Патент № 2033935 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (1995.01), В61L 3/20 (1995.01).** Устройство для проверки автоматической

локомотивной сигнализации : № 4937235/11 : заявл. 20.05.1991 : опубл. 30.04.1995 / В. Б. Леушин, Л. Б. Смирнова, П. А. Владимиров [и др.] ; заявитель Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта. - 6 с.

**97 Патент № 2035338 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (1995.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 4941500/11 : заявл. 03.06.1991 : опубл. 20.05.1995 / В. Б. Леушин, А. Н. Котенко, Л. Б. Смирнова ; заявитель Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта им. М.Т. Елизарова. - 4 с.

**98 Патент на полезную модель № 62880 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/08 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 2006140108/22 : заявл. 13.11.2006 : опубл. 10.05.2007 / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, Н. А. Кравцова ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). - 10 с.

**99 Патент на полезную модель № 62881 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 2006142000/22 : заявл. 27.11.2006 : опубл. 10.05.2007 / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, Н. А. Кравцова [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). - 11 с.

**100 Патент на полезную модель № 62882 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 2006142028/22 : заявл. 27.11.2006 : опубл. 10.05.2007 / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, Н. А. Кравцова [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). - 12 с.

**101 Патент на полезную модель № 69822 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 2007130313/22 : заявл. 07.08.2007 : опубл. 10.01.2008 / В. Б. Леушин, В. А. Афанасьев, Р. Р. Юсупов, Н. А. Кравцова ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС). - 11 с.

**102 Патент на полезную модель № 127352 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации : № 2012149291/11 : заявл. 19.11.2012 : опубл. 27.04.2013 / В. Б. Леушин, К. В. Латул, Л. А. Тоносова, С. В. Скурыдин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС). - 15 с.

**103 Патент на полезную модель № 109721 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/20 (2006.01).** Устройство для определения устойчивости работы автоматической локомотивной сигнализации при изменении коротких интервалов кодовых сигналов : № 2011121248/11 : заявл. 27.05.2011 : опубл. 27.10.2011 / А. К. Табунщиков, Ю. А. Барышев, В. О. Богатырев [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ). - 12 с.

**104 Патент на полезную модель № 125952 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/20 (2006.01).** Устройство для определения помехоустойчивости автоматической локомотивной сигнализации при задании искажений кодовых комбинаций : № 2012124552/11 : заявл. 15.06.2012 : опубл. 20.03.2013 / А. К. Табунщиков, Ю. А. Барышев, Л. И. Стряпкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ). - 12 с.

**105 Патент № 2625395 С1 Российская Федерация, МПК В61L 23/16 (2006.01).** Устройство проверки работы автоматической локомотивной сигнализации : № 2016121892 : заявл. 02.06.2016 : опубл. 13.07.2017 / А. К. Табунщиков, Н. Н. Титова, К. А. Токарев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» МГУПС (МИИТ). - 8 с.

**106 Патент № 2633415 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/24 (2006.01), G01M 17/08 (2006.01).** Способ проверки дешифратора автоматической локомотивной сигнализации : № 2016121893 : заявл. 02.06.2016 : опубл. 12.10.2017 / А. К. Табунщиков, Н. Н. Титова, К. А. Токарев, Л. И. Кизименко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» МГУПС (МИИТ). - 5 с.

**107 Патент № 2725829 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/10 (2006.01).** Устройство для диагностики релейной локомотивной аппаратуры АЛСН : № 2019141119 : заявл. 12.12.2019 : опубл. 06.07.2020 / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков, Ю. А. Барышев, Н. Н. Титова ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), РУТ (МИИТ)). - 14 с.

**108 Патент № 2735147 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/08 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации с индуктивным каналом передачи информации : № 2019141117 : заявл. 12.12.2019 : опубл. 28.10.2020 / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), РУТ (МИИТ)). - 19 с.

**109 Патент № 2735187 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/08 (2006.01).** Устройство для проверки автоматической локомотивной сигнализации с

учетом асимметрии в канале индукционной связи : № 2019141118 : заявл. 12.12.2019 : опубл. 28.10.2020 / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), РУТ (МИИТ)). - 11 с.

**110 Авторское свидетельство № 1652159 А1 СССР, МПК В61L 25/06 (1990.01).** Устройство для проверки и обнаружения неисправностей автоматической локомотивной сигнализации : № 4487898 : заявл. 29.07.1988 : опубл. 30.05.1991 / Д. Н. Хромушкин, Н. В. Астапов, В. В. Глушко, О. Н. Коляда. - 3 с.

**111 Патент № 2578627 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/00 (2006.01).** Способ проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации и оценки её помехоустойчивости : № 2014143919/11 : заявл. 31.10.2014 : опубл. 27.03.2016 / Н. Ю. Вихрова, Е. В. Горенбейн, Д. В. Коротаев ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». - 8 с.

**112 Патент № 2645494 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Способ проверки аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2017111511 : заявл. 06.04.2017 : опубл. 21.02.2018 / В. П. Батраев, С. В. Маршов ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». - 5 с.

**113 Патент № 2726839 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01).** Устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации (варианты) : № 2019145348 : заявл. 31.12.2019 : опубл. 15.07.2020 / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов ; заявитель Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». - 16 с.

**114 Патент на полезную модель № 72669 U1 Российская Федерация, МПК В61L 3/20 (2006.01).** Стенд для технологических испытаний устройств автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия (АЛСН) : № 2007146185/22 : заявл. 13.12.2007 : опубл. 27.04.2008 / А. М. Вайгель, М. Б. Дудучава, А. А. Кирьяков [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). - 18 с.

**115 Патент № 2567999 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/10 (2006.01).** Устройство проверки и оценки уровня помехоустойчивости бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2014132717/11 : заявл. 08.08.2014 : опубл. 10.11.2015 / А. В. Вержбицкий, Е. В. Горенбейн, А. К. Табунщиков, С. М. Якимов ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». - 9 с.

**116 Патент № 2616207 Российская Федерация, МПК В61L 3/10. (2006.01)** Устройство для считывания и анализа показаний локомотивного светофора или блока индикации локомотивного и комплекс для автоматизированной проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2015139713 : заявл. 18.09.2015 : опубл. 13.04.2017 / Е. В. Горенбейн, А. Б. Филиппов, О. В. Харин, С. М. Якимов ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». - 12 с.

**117 Патент № 2729318 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/10 (2006.01).** Устройство комплексной проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2020102486 : заявл. 22.01.2020 : опубл. 06.08.2020 / Г. Н. Грачев, А. Г. Корольков, О. И. Щукин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ». - 15 с.

**118 Патент № 2333859 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/06 (2006.01).** Устройство для проверки работоспособности устройств автоматической локомотивной сигнализации : № 2007100491/11 : заявл. 09.01.2007 : опубл. 20.09.2008 / С. Н. Логинов, С. В. Коба, А. А. Иванов, А. С. Логинов ; заявитель ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РЯЗАНСКАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ КОМПАНИЯ». - 7 с.

**119 Патент № 2588286 C2 Российская Федерация, МПК B61L 3/24 (2006.01), G01M 17/08 (2006.01).** Способ диагностики локомотивной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации и устройство для его осуществления : № 2014140594/11 : заявл. 07.10.2014 : опубл. 27.06.2016 / А. В. Воробьев. - 8 с.

**120 Патент № 2666096 C1 Российская Федерация, МПК B61L 25/06 (2006.01).** Способ бесшлейфовой оперативной диагностики локомотивной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации и устройство для его осуществления : № 2017114877 : заявл. 26.04.2017 : опубл. 05.09.2018 / А. В. Воробьев. - 8 с.

**121 Патент на полезную модель № 160398 U1 Российская Федерация, МПК B61L 25/00 (2006.01).** Универсальное переносное устройство для испытания локомотивной сигнализации : № 2015131161/11 : заявл. 27.07.2015 : опубл. 20.03.2016 / В. Н. Степанов. - 18 с.

**122 Патент на полезную модель № 198805 U1 Российская Федерация, МПК B61L 3/20 (2006.01).** Многофункциональное переносное устройство с дистанционным управлением для испытания и диагностики бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации : № 2020110036 : заявл. 10.03.2020 : опубл. 29.07.2020 / О. Г. Толстунов. - 8 с.

**123 Патент № 203552455 Китай, МПК G08C 19/00 (2006.01), G01R 19/00 (2006.01), B61L 5/18 (2006.01).** System for testing locomotive signal machine : N 201320739474.9 : заявл. 20.11.2013 : опубликовано 16.04.2014 / Chao Jinjie, Zheng Jiufang, Su Youbin; заявитель China Shenhua Energy Co Ltd, Shuohuang Railway Development Co Ltd. - Текст : электронный. - URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=CN158221478>.

**124 Патент № 101274076 Корея, МПК B61L 3/22 (2006.01).** System for testing locomotive signal machine : N 1020120113551 : заявл. 12.10.2012 : опубликовано 05.06.2013 / CHEO DAE JEUNG, KIM JI CHAN, LIM JI YOUNG; заявитель DAEJEON METROPOLITAN RAPID TRANSIT CORPORATION. - Текст

: электронный. - URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=KR95451789>.

**125 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616476 Российская Федерация.** Имитационная модель локомотивного дешифратора сигналов АЛСН типа ДКСВ-1 : № 2013614390 : заявл. 24.05.2013 : опубл. 20.09.2013 / Р. Р. Юсупов, В.Б. Леушин, К.Э. Блачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС).

**126 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016616495 Российская Федерация.** Имитационная модель локомотивного дешифратора сигналов АЛСН типа ДКСВ-1-Д : № 2016613885 : заявл. 20.04.2016 : опубл. 14.06.2016 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, К. Э. Блачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС).

**127 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613379 Российская Федерация.** Имитационная модель установки для исследования функционирования приемного устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН с корреляционным дешифратором в условиях действия помех : № 2020612450 : заявл. 05.03.2020 : опубл. 13.03.2020 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, М. Е. Клыков [и др.].

**128 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613418 Российская Федерация.** Имитационная модель приемного устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН с корреляционным дешифратором : № 2020612366 : заявл. 04.03.2020 : опубл. 16.03.2020 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, М. Е. Клыков [и др.].

**129 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613584 Российская Федерация.** Имитационная модель корреляционного дешифратора сигналов автоматической локомотивной

сигнализации непрерывного типа АЛСН : № 2020612373 : заявл. 04.03.2020 : опубл. 18.03.2020 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, М. Е. Клыков [и др.].

**130 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021611979 Российская Федерация.** Имитационная модель шестиканального корреляционного дешифратора кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН : № 2021610997 : заявл. 29.01.2021 : опубл. 09.02.2021 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, А. С. Хохрин.

**131 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021611979 Российская Федерация.** Имитационная модель шестиканального корреляционного дешифратора кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН : № 2021610997 : заявл. 29.01.2021 : опубл. 09.02.2021 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, А. С. Хохрин.

**132 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013612178 Российская Федерация.** Комплекс БЛОК. Программа модуля приемника сигналов автоматической локомотивной сигнализации : № 2012661732 : заявл. 27.12.2012 : опубл. 20.03.2013 / В. П. Батраев, С. В. Маршов, С. А. Мичурин [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**133 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662203 Российская Федерация.** Программа модуля приема и дешифрации сигналов непрерывных каналов для системы АЛСО с подвижными блок-участками : № 2015619160 : заявл. 02.10.2015 : опубл. 18.11.2015 / И. Н. Гринфельд, С. А. Мурын ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**134 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611309 Российская Федерация.** Программа модуля приёмников сигналов АЛС модернизированного МП-АЛС-М : № 2020610281 : заявл.

17.01.2020 : опубл. 29.01.2020 / С. В. Маршов, С. А. Мурин ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**135 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015616157 Российская Федерация.** Программа микропроцессорного дешифратора кодов АЛС ДКСВ-М : № 2015613071 : заявл. 15.04.2015 : опубл. 02.06.2015 / В. В. Висков, Д. М. Красовицкий, С. А. Мурин ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте».

**136 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661968 Российская Федерация.** Программа микропроцессорного дешифратора кодов АЛС ДКСВ-М. Версия №5 унифицированная : № 2019660945 : заявл. 05.09.2019 : опубл. 12.09.2019 / В. В. Висков, А. В. Гурьянов, Д. М. Красовицкий [и др.] ; заявитель Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте».

**137 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661609 Российская Федерация.** Программа ввода/вывода и обработки данных многофункционального прибора генерации кодов АЛСН и измерения параметров сигналов устройств СЦБ : № 2015616852 : заявл. 24.07.2015 : опубл. 30.10.2015 / А. А. Онищенко, А. О. Скабелкин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС).

**138 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613235 Российская Федерация.** Программа ячейки формирователя комплексного сигнала ФКС-М : № 2020610298 : заявл. 17.01.2020 : опубл. 12.03.2020 / С. В. Маршов, С. А. Мурин ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**139 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666193 Российская Федерация.** Программа для проверки локомотивных фильтров (СП АЛСН Фильтр) : № 2019665574 : заявл. 29.11.2019 : опубл. 06.12.2019 / Г. Н. Грачев, Л. В. Зусманов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ».

**140 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666785 Российская Федерация.** Программа для проверки локомотивных усилителей (СП АЛСН Усилитель) : № 2019665721 : заявл. 29.11.2019 : опубл. 13.12.2019 / Г. Н. Грачев, Л. В. Зусманов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ».

**141 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666714 Российская Федерация.** Программа для проверки реле локомотивных дешифраторов (СП АЛСН Дешифратор Реле) : № 2019665718 : заявл. 29.11.2019 : опубл. 13.12.2019 / Г. Н. Грачев, Л. В. Зусманов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ».

**142 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662876 Российская Федерация.** Программа для автоматизации определения причин сбоев релейной аппаратуры АЛСН : № 2018660043 : заявл. 20.09.2018 : опубл. 17.10.2018 / А. С. Биндюг, В. В. Заколесник, П. М. Меркулов, В. Н. Хохлов ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**143 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017664175 Российская Федерация.** Программа сбора и первичной обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия (АЛСН) : № 2017660631 : заявл. 23.10.2017 : опубл. 18.12.2017 / В. В. Дубовсков, О. Г. Толстунов, А. Ф. Кольцов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ).

**144 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017664174 Российская Федерация.** Программа для визуализации и

ручного анализа сигналов автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия (АЛСН) : № 2017660629 : заявл. 23.10.2017 : опубл. 18.12.2017 / В. В. Дубовсков, О. Г. Толстунов, А. Ф. Кольцов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ).

**145 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612430 Российская Федерация.** Программа для регистрации и диагностики сигналов АЛСН и АЛС-ЕН : № 2019611100 : заявл. 07.02.2019 : опубл. 19.02.2019 / В. В. Батраев, И. Н. Гринфельд ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**146 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613979 Российская Федерация.** Система учёта и анализа нарушений безопасности движения поездов по результатам автоматической расшифровки кассет регистрации локомотивных устройств - 1 очередь (АСУТ НБД-2 - 1 очередь) : № 2015610783 : заявл. 13.02.2015 : опубл. 01.04.2015 / И. В. Елагин, Д. Н. Чагин ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**147 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019619004 Российская Федерация.** Имитационная модель формирователя ЭДС на выходе локомотивных приемных катушек при движении локомотива в зоне пересечения ЛЭП железнодорожной линии : № 2019617403 : заявл. 20.06.2019 : опубл. 08.07.2019 / Р. Р. Юсупов, О. С. Батаева, А. В. Михайленко, В. Б. Леушин.

**148 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660873 Российская Федерация.** Интегрированная программа измерительного комплекса для экспресс-контроля параметров приёмных катушек автоматической локомотивной сигнализации : № 2016618016 : заявл. 22.07.2016 : опубл. 22.09.2016 / А. В. Колосов, В. В. Кунгурцев, В. В. Моисеев ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**149 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610535 Российская Федерация.** Программный комплекс стенда для обнаружения низкой помехоустойчивости локомотивной аппаратуры АЛСН : № 2014661855 : заявл. 21.11.2014 : опубл. 13.01.2015 / Е. В. Горенбейн, Р. В. Корепанов, А. С. Мосягин, А. Ю. Сергеев ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**150 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016610553 Российская Федерация.** Программа для анализа помехоустойчивости локомотивной аппаратуры АЛС : № 2015661236 : заявл. 20.11.2015 : опубл. 14.01.2016 / Е. В. Горенбейн, А. С. Мосягин, А. Ю. Сергеев ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**151 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666194 Российская Федерация.** Программа для проверки и прогона комплекта аппаратуры локомотивной сигнализации АЛСН (СП АЛСН Дешифратор Прогон) : № 2019665576 : заявл. 29.11.2019 : опубл. 06.12.2019 / Г. Н. Грачев, Л. В. Зусманов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ».

**152 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016616494 Российская Федерация.** Имитационная модель приемника с автоматическим выключением и регулировкой бланкирования и компенсации огибающей сигнала автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН : № 2016613883 : заявл. 20.04.2016 : опубл. 14.06.2016 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, К. Э. Блачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС).

**153 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661400 Российская Федерация.** Имитационная модель приемника с автоматической регулировкой бланкирования и компенсации огибающей сигнала автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН : № 2016613884 : заявл. 20.04.2016 : опубл. 07.10.2016 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, К.

Э. Блачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС).

**154 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612638 Российская Федерация.** Имитационная модель приёмника автоматической локомотивной сигнализации единого ряда непрерывного типа АЛС-ЕН с бланкированием : № 2019611304 : заявл. 13.02.2019 : опубл. 25.02.2019 / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, Н. С. Ширяев.

**155 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662973 Российская Федерация.** Имитационная модель автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа действия : № 2016660347 : заявл. 06.10.2016 : опубл. 28.11.2016 / А. А. Онищенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС).

**156 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016618848 Российская Федерация.** Виртуальная модель для демонстрации функционирования каналов с рельсовыми и индуктивно-рельсовыми линиями при автоматическом регулировании уровня сигнала на входе приёмников : № 2016616025 : заявл. 09.06.2016 : опубл. 09.08.2016 / В. Б. Леушин, А. В. Агошков, И. В. Болотина.

**157 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016618847 Российская Федерация.** Виртуальная модель тональной рельсовой цепи системы АБТЦ : № 2016616023 : заявл. 09.06.2016 : опубл. 09.08.2016 / В. Б. Леушин, Л. С. Гартунг, М. В. Варенова [и др.].

**158 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612611 Российская Федерация.** Виртуальная модель для демонстрации совместной работы тональной рельсовой цепи и канала автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа : № 2019611326 :

заявл. 13.02.2019 : опубл. 22.02.2019 / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, А. А. Исингалиева, А. А. Гордеев.

**159 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617846 Российская Федерация.** Имитационная модель помех в рельсовых и индуктивно-рельсовых линиях от постоянного тягового тока : № 2017614688 : заявл. 24.05.2017 : опубл. 13.07.2017 / Ф. Р. Ахмадуллин, Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин.

**160 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615048 Российская Федерация.** Комплекс БЛОК. Программа модуля центрального обработчика : № 2016612380 : заявл. 18.03.2016 : опубл. 13.05.2016 / И. Н. Гринфельд, С. В. Киселева, Г. К. Кисельгоф, Д. М. Красовицкий ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**161 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615046 Российская Федерация.** КЛУБ -У. Программа модуля электронной карты. Версия 8 : № 2016612385 : заявл. 18.03.2016 : опубл. 13.05.2016 / И. Н. Гринфельд, С. В. Киселева, Г. К. Кисельгоф, Д. М. Красовицкий ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги».

**162 Табунщиков, А. К.** Повышение эффективности технологии обслуживания релейной аппаратуры АЛСН / Табунщиков А. К., Титова Н. Н., Кузьмин В. С., Меркулов П. М. // Научные труды республиканской научно – технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» (18-19 декабря 2018 г.). – Ташкент: ТашИИТ, 2019. – с. 177 – 179.

**163 Табунщиков, А. К.** О диагностике локомотивных устройств АЛСН / А. К. Табунщиков, В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.д., Белорус. Гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. - Гомель : БелГУТ, 2019. - с. 244 - 246.

164 **Табунщиков, А. К.** Применение новых технологий при техническом обслуживании устройств АЛСН / Табунщиков А. К., Титова Н. Н., Кузьмин В. С., Барышев Ю. А. // Научные труды республиканской научно – технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» (18-19 декабря 2018 г.). – Ташкент: ТашИИТ, 2019. – с. 179 – 181.

165 **Чикиркин, О. В.** Информационные технологии в локомотивном хозяйстве / О. В. Чикиркин, Е. А. Поцелуев // Локомотив. – 2016. – № 6(714). – С. 8-11.

166 **ГОСТ Р 50397-2011** (МЭК 60050-161:1990). Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения (с Поправкой). – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации : [сайт]. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200094154> (дата обращения: 21.08.2021).

167 **Лисенков, В. М.** Индуктивная связь с поездами / В. М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1976. – 112 с.

168 **Леушин, В. Б.** Автоматическая локомотивная сигнализация при наличии помех рельсовых линий : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Моск. ин-т инженеров ж.-д. транспорта. – Москва, 1986. – 24 с.

169 Технический справочник железнодорожника. Том 8. Сигнализация, централизация, блокировка, связь / Под ред. М. И. Вахнина. – М: Государственное транспортное, железнодорожное издательство, 1952. – 976 с.

170 **Шаманов, В. И.** Индуктивная связь локомотивных катушек АЛСН с рельсовыми линиями / В. И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 11. – С. 2-5.

171 Практические вопросы измерения ЭДС локомотивных приемных катушек / А. Ю. Кичаев. Челябинск: Южно-уральская дирекция по ремонту тягового подвижного состава – Производственный участок Южный урал, 2019 г. – 14 с.

172 **Бородкин, А. В.** Улучшать качество ремонта и обслуживания приемных катушек / А. В. Бородкин, С. А. Овсянников, В. В. Косьяненко // Локомотив. – 2021. – № 12(780). – С. 15-17.

173 **Семерник, М. Л.** Быстродействующая автоматическая локомотивная сигнализация для метрополитенов / М. Л. Семерник, А. В. Шишляков. - М.: Транспорт, 1970. - 128 с.

174 **Бадер, М. П.** Электромагнитная совместимость тягового электроснабжения с линиями связи, устройствами железнодорожной автоматики и питающими электросетями : специальность 05.22.09 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бадер Михаил Петрович. – Москва, 1999. – 475 с.

175 **Кузьмин, В. С.** К вопросу о требованиях к прокладке испытательного шлейфа / В. С. Кузьмин, Р. О. Рядчиков, С. А. Петров // Образование - Наука - Производство : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. – С. 149-154.

176 **Кузьмин, В. С.** Переносные испытательные шлейфы на контрольных пунктах АЛС / В. С. Кузьмин, С. А. Овсянников, П. М. Меркулов // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 6. – С. 5-9. – DOI 10.34649/AT.2022.6.6.002.

177 **Кузьмин, В. С.** Оценка чувствительности локомотивных приёмников при использовании испытательных шлейфов со скрещиваниями / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 3(100). – С. 30-38. – DOI 10.30932/1992-3252-2022-20-3-4.

178 **Табунщиков, А. К.** Оценка влияния электромагнитной обстановки многопутных участков железных дорог на функционирование приемников сигналов автоматической локомотивной сигнализации / А. К. Табунщиков, В. С. Кузьмин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 3(55). – С. 74-82. – DOI 10.20291/2079-0392-2022-3-74-82.

179 **Кузьмин, В. С.** К вопросу о возникновении помех в канале индуктивной связи на метрополитене за счет асимметрии геометрического положения контактного рельса / В. С. Кузьмин, А. К. Табунщиков, Р. О. Рядчиков // Наука и техника транспорта. – 2022. – № 4. – С. 8-16.

180 **Калантаров, П. Л.** Расчет индуктивностей: Справочная книга / П.Л. Калантаров, Л.А. Цейтлин. - Текст: непосредственный // 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. - 488 с.: ил.

181 **Цицикян, Г. Н.** Взаимная индуктивность двух прямоугольных компланарных контуров с симметричным внутренним расположением / Г. Н. Цицикян, А. И. Сенченко // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2018. – № 3. – С. 42-47.

182 **Антипов, М. Ю.** Индуктивность прямоугольных контуров / М. Ю. Антипов, Г. Н. Цицикян // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2016. – № 6. – С. 17-21.

183 **Цицикян, Г. Н.** Взаимная индуктивность круговых и квадратных контуров с параллельными осями / Г. Н. Цицикян // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2020. – № 2(392). – С. 101-106. – DOI 10.24937/2542-2324-2020-2-392-101-106.

184 **Цицикян, Г. Н.** Электродинамические силы в токоведущих частях электрических комплексов. - Спб: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2016. - 93 с.

185 Устройства и элементы рельсовых линий и тяговой рельсовой сети. Технические требования и нормы содержания. Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 03.04.2012 № 651р. Доступ из норм-правов. Базы «КонсультантПлюс».

186 **Аркатов, В. С.** Рельсовые цепи магистральных железных дорог : Справочник / В. С. Аркатов, Ю. В. Аркатов, С. В. Казеев [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство «ООО Миссия-М», 2006. - 496 с.

187 **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611748 Российская Федерация.** Программа для расчета токов в

рельсовых нитях испытательных участков контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации, оборудованных стационарными испытательными шлейфами различной конфигурации : № 2022610871 : заявл. 24.01.2022 : опубл. 01.02.2022 / В. С. Кузьмин.

**188 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021614519 Российская Федерация.** Программа для расчета таблиц замыкания контактов реле локомотивного релейного дешифратора автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа : № 2021613374 : заявл. 15.03.2021 : опубл. 25.03.2021 / В. С. Кузьмин.

**189 Shamanov, V. I.** The process of traction-current asymmetry generation in rail lines / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2014. – Vol. 85. – No 8. – P. 509-512. – DOI 10.3103/S1068371214080124.

**190 Shamanov, V. I.** Alternating traction current dynamics in track lines of double-track hauls / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 87. – No 10. – P. 566-571. – DOI 10.3103/S1068371216100060.

**191 Shamanov, V. I.** The magnetic properties of rail lines and level of interferences for the apparatus of automatic control and telemechanics / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 86. – No 9. – P. 548-552. – DOI 10.3103/S1068371215090102.

**192 Shamanov, V. I.** Peculiarities of Measurements of AC Traction Current Asymmetry in Rail Lines / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2018. – Vol. 89. – No 9. – P. 536-539. – DOI 10.3103/S1068371218090122.

**193 Зенкович, Ю. И.** Актуальные проблемы работоспособности рельсовых цепей в условиях электрической тяги поездов / Ю. И. Зенкович // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 1(79). – С. 54-59.

**194 Горенбейн, Е. В.** Электромагнитная совместимость тягового подвижного состава с устройствами интервального регулирования движения поездов : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Горенбейн Евгений Вячеславович. – Москва, 2011. – 24 с.

195 **Иваненко, Ю. М.** Исследование влияния линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения на приемные устройства автоматической локомотивной сигнализации : специальность 05.13.14 «Системы обработки информации и управления» : автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иваненко Юрий Михайлович. - Харьков, 1976. - 22 с.

196 **Пультяков, А. В.** Системный анализ устойчивости работы систем автоматической локомотивной сигнализации / А. В. Пультяков, М. Э. Скоробогатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - № 1(57). - С. 79-89. - DOI 10.26731/1813-9108.2018.1(57).79-89.

197 **Закиев, Е. Э.** Опасные электромагнитные поля на подвижном составе и в локомотивных депо электрифицированных железных дорог : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Закиев Евгений Эдуардович. - Москва, 2007. - 23 с.

198 Письмо № 970/ИСХ-545/НИИАС. О предоставлении локомотива для проведения испытаний в ТРПУ-37 от 13.02.2019 г. - 1 с.

199 **Меркулов, П. М.** Как выявить причины низкой помехоустойчивости релейной аппаратуры АЛСН / П. М. Меркулов, В. С. Кузьмин // Локомотив. - 2019. - № 3(747). - С. 35-36.

200 **Табунщиков, А. К.** О выборе тестовых сигналов для проверки помехоустойчивости работы АЛСН / А.К. Табунщиков, В.С. Кузьмин, Н.Н. Титова, С.М. Якимов // Труды восемнадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». - М.: МГУПС (МИИТ), 2017.

201 Патент № 2700241 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/24 (2006.01), В61L 25/06 (2006.01). Диагностический комплекс для автоматизированной проверки релейной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия : № 2018144988 : заявл. 19.12.2018 : опубл. 13.09.2019 / А. С. Биндюг, В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, А.

К. Табунщиков ; заявитель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». - 17 с.

202 **Кузьмин, В. С.** Комплекс контрольной проверки релейной аппаратуры АЛСН (КП-АЛСН): учебно-методическое пособие для курсового и дипломного проектирования / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, А. К. Табунщиков. - М.: РУТ (МИИТ), 2021. - 40 с.

203 Устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС. Общие технические требования № 35040-000-00 ТТ. Утверждены 4 февраля 2021 г. - 24 с.

204 **Вентцель, Е. С.** Теория вероятностей: Учеб. для вузов. - 6-е изд. стереотип. - М.: Высш. шк., 1999. - 576 с.: ил.

205 Модуль диагностики приемных катушек и приемника сигналов автоматической локомотивной сигнализации (МД-АЛСН). Руководство по эксплуатации. ТТСК.130141.0002 РЭ. - 18 с.

206 **Кузьмин, В. С.** О повышении эффективности средств диагностики и контроля функционирования релейной локомотивной аппаратуры АЛСН / Кузьмин В. С., Тимин А. С. // Труды Всероссийской научно-практической конференции Неделя науки – 2019, в двух частях, часть 1. – М.: РУТ(МИИТ), 2019. – с. III – 77.

207 **Патент № 2780100 С1 Российская Федерация, МПК В61L 3/12 (2006.01).** Способ измерения технико-эксплуатационных характеристик приемной аппаратуры кодовых рельсовых цепей железнодорожного подвижного состава : № 2022107773 : заявл. 24.03.2022 : опубл. 19.09.2022 / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, А. М. Сапронова ; заявитель Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». – 17 с.

208 **Патент № 2780712 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/00 (2006.01).** Способ измерения коэффициента экранирования на испытательных участках контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации и устройство для его осуществления : № 2022106500 : заявл. 15.03.2022 : опубл.

29.09.2022 / Г. Н. Грачев, О. И. Щукин, А. Н. Головин, В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринг АТ». - 19 с.

209 **Меркулов, П. М.** Анализ и перспективы развития средств контроля и диагностики локомотивных устройств безопасности движения / П. М. Меркулов, В. С. Кузьмин // Локомотив. – 2019. – № 11(755). – С. 14-15.

210 **Заколесник, В. В.** Как улучшить работу контрольных пунктов АЛСН / В. В. Заколесник, П. М. Меркулов, В. С. Кузьмин // Локомотив. – 2019. – № 10(754). – С. 9-10.

211 **Кузьмин, В. С.** Совершенствование технологии обслуживания локомотивных устройств безопасности / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов // Труды АО «НИИАС». – М.: Типография АО «Т 8 Издательские технологии», 2021. – Выпуск 11. – Т. 1. – С. 258 – 271. – ISBN 978-5-94833-099-0.

212 **Кузьмин В.С.** Совершенствование нормативной документации для контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. Конф. (Гомель, 26-27 ноября 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.д., Белорус. Гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. - Гомель : БелГУТ, 2020. - с. 30 - 31.

213 **Кузьмин, В. С.** Контрольный пункт АЛСН: учебное пособие / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, А. К. Табунщиков.- М.: РУТ (МИИТ), 2021. - 176 с.

214 **Киселев, И. А.** Учет и контроль выполнения работ с использованием ЕК АСУИ / И. А. Киселев // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 6. – С. 24-26.

215 **Васильев, А. А.** Планирование и контроль выполнения работ в путевом хозяйстве в системе ЕК АСУИ / А. А. Васильев // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 7. – С. 7-9.

216 **Лакин, И. И.** Автоматизированные технологии сокращают интеллектуальные потери в локомотивном комплексе / И. И. Лакин, А. В. Раздобаров // Локомотив. – 2021. – № 8(776). – С. 10-11.

217 **Бакулин, В. Б.** Барьерные функции ЕК АСУИ при обеспечении эксплуатационной работы / В. Б. Бакулин // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 5-7.

218 **Щукин, П. В.** Анализ применения барьерных функций в сфере логического контроля парка грузовых вагонов за 2020 г / П. В. Щукин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2021. – № 1(65). – С. 17-18.

219 **Патент № 2715101 С1 Российская Федерация, МПК В61L 25/02 (2006.01), В61L 15/00 (2006.01).** Устройство контроля и предиктивной диагностики бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия : № 2019119574 : заявл. 24.06.2019 : опубл. 25.02.2020 / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов ; заявитель Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». - 17 с.

220 **Меркулов, П. М.** К вопросу о диагностике локомотивных устройств АЛСН / П. М. Меркулов, В. С. Кузьмин // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте : материалы четвертой всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвящённой 75-летию победы в Великой Отечественной войне; 100-летию со дня рождения академика А. Д. Сахарова; 120-летию основания Омского государственного университета путей сообщения, Омск, 29–30 октября 2020 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 323-328.

221 **Меркулов, П. М.** Диагностика локомотивной аппаратуры АЛСН в пути следования: принципы и подходы / П. М. Меркулов, В. С. Кузьмин // Локомотив. – 2020. – № 12(768). – С. 34-35.

222 Сервис «ЦОУБ. КОНТУР» для мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и локомотивных радиостанций / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов, А. Г. Солдатов, М. Ю. Бронников // Локомотив. – 2021. – № 11(779). – С. 12-14.

223 Кузьмин, В. С. Совершенствование информационной инфраструктуры дирекции по ремонту тягового подвижного состава - филиала ОАО «РЖД» / В. С. Кузьмин, П. М. Меркулов // Цифровая трансформация промышленности: тенденции и перспективы : Сборник научных трудов по материалам 2-й Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 11 ноября 2021 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2022. – С. 199-208.

224 Методические рекомендации по составу и содержанию обосновывающих материалов по инвестиционным проектам ОАО «РЖД», утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28.11.2016 г. N 2396/р.

225 Автоматизированная система управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) – Подсистема автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ.КОНТУР»). Технические требования. – утверждены Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Дирекции тяги Валинским О.С. 30 марта 2022 года № 534.

226 ОК 013-2014 (СНС 2008). Общероссийский классификатор основных фондов» (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 N 2018-ст) (ред. от 08.05.2018).

227 О размере минимальной заработной платы в ОАО "РЖД" (№ 23 от 10.01.2023) (Распоряжение) – Российский профессиональный союз железнодорожников и транспортных строителей (РОСПРОФЖЕЛ) – URL: [https://rosprofzhel.ru/docs/sluzhebnye/o\\_razmere\\_minimalnoy\\_zarabotnoy\\_platy\\_v\\_oa\\_o\\_rzhd\\_23\\_ot\\_10\\_01\\_2023\\_rasporyazhenie](https://rosprofzhel.ru/docs/sluzhebnye/o_razmere_minimalnoy_zarabotnoy_platy_v_oa_o_rzhd_23_ot_10_01_2023_rasporyazhenie).

228 Производственный календарь 2023 (рабочие дни, праздники и выходные дни) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс : [сайт]. URL: <https://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennye/2023/>.

229 Положение об оплате труда работников филиалов открытого акционерного общества «Российские железные дороги», утв. решением правления ОАО «РЖД» от 15 апреля 2004 года, протокол N 8.

230 Единая методика оценки эффективности инновационной деятельности холдинга «РЖД», утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28.05.2019 г. N 1066/р.

231 Методические рекомендации по расчету экономической эффективности новой техники и технологии, объектов интеллектуальной собственности и рационализаторских предложений, утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28.11.2008 г. N 2538/р.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Акты внедрения результатов диссертационного исследования



ООО "Инжиниринг АТ"

195279. Санкт-Петербург  
Шоссе Революции, дом 69, лит. Д  
т: (812) 243-91-20  
www.engineering-at.ru

№ 1224 от 23.12.2021

На № от

#### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационного исследования  
Кузьмина Владислава Сергеевича  
на тему: «Повышение качества технического обслуживания  
локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Результаты работы Кузьмина Владислава Сергеевича связаны с повышением точности результатов измерения технико-эксплуатационных характеристик основных локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах автоматической локомотивной сигнализации. Предложенные им методики расчета мешающего влияния рельсов и линий освещения на работу испытательных шлейфов контрольных пунктов автоматической локомотивной сигнализации позволяют уточнять степень экранирующего влияния для каждого испытательного участка и, соответственно, уточнять в каждом из случаев номинальную величину (силу тока) тестового сигнала. Это позволяет достичь одинаковой точности результатов проверок основных устройств безопасности вне зависимости от местных условий размещения испытательного оборудования.

Важным с точки зрения совершенствования устройств проверки автоматической локомотивной сигнализации на контрольных пунктах является предложенный автором диссертационного исследования алгоритм оценки помехоустойчивости основных устройств безопасности на основе специальных тестовых сигналов.

Результаты работы, приведенные в диссертационном исследовании, использованы при разработке стендового оборудования, а именно:

- Комплекса контрольной проверки релейной аппаратуры АЛСН КП-АЛСН;
- Прибор Экран-М (ТУ ИАТ.5305.00.01).

Специальные тестовые сигналы, предназначенные для оценки помехоустойчивости работы основных устройств безопасности на контрольных пунктах, описанные в диссертационном исследовании, использованы для модернизации Устройства комплексной проверки автоматической локомотивной сигнализации УКП-АЛС.

Генеральный директор  
ООО «ИНЖИНИРИНГ АТ»



Л. И. Муратова



## АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты диссертационного исследования Кузьмина Владислава Сергеевича на тему «Повышение качества технического обслуживания локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов» связаны с повышением достоверности сведений о текущем техническом состоянии бортовых устройств, получаемых посредством испытательного оборудования. Результаты диссертационного исследования использованы при разработке Технических требований на Автоматизированную систему управления центрами по обслуживанию устройств безопасности (АСУ ЦОУБ) — Подсистему автоматического мониторинга выполнения технологии обслуживания устройств безопасности и возимых локомотивных радиостанций («ЦОУБ.КОНТУР»), утвержденных Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» — начальником Дирекции тяги Валинским О.С. 30 марта 2022 года № 534. Данная работа осуществлялась в рамках реализации п. 42 Программы организационно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности, снижение нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности на 2021 год, утвержденной Заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Дирекции тяги О. С. Валинским 1 апреля 2021 г. № 125.

Генеральный директор



М.Ю. Бронников

05.09.2022

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационного исследования Кузьмина Владислава Сергеевича  
на тему: «Повышение качества технического обслуживания  
локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Результаты диссертационного исследования Кузьмина Владислава Сергеевича на тему «Повышение качества технического обслуживания основных локомотивных устройств безопасности на контрольных пунктах АЛСН», посвященные системе тестовых воздействий для определения уровня помехоустойчивости работы бортового оборудования, использованы в рамках выполнения работ по теме «Разработка блока автоматизированного выявления причин низкой помехоустойчивости релейной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа с использованием стенда ПК КОД», шифр работы 5.297, категория НИОКР (договор 229-18-00032 от 16 апреля 2018 г.). На основные результаты работы получен патент на изобретение № 2700241 (авторы: Биндюк А.С., Кузьмин В.С., Меркулов П.М., Табунщиков А.К.; — патентообладатель — Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»). Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составляет 6,450 млн руб. ежегодно за счет сокращения времени простоя поездов, вызванных автостопами торможениями локомотивов, и 4,240 млн руб. ежегодно за счет сокращения эксплуатационных расходов, связанных с определением причин нарушений и сбоев в работе локомотивных устройств безопасности вручную.

Применение системы тестовых воздействий позволило установить причину низкой помехоустойчивости работы комплекта оборудования релейной аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации «сбойного» локомотива в рамках проведения приемочных испытаний блока автоматизированного выявления причин низкой помехоустойчивости.

Руководитель  
научно-технического комплекса  
интеллектуальных систем  
контроля и управления  
АО «НИИАС»,  
к.т.н., доцент



*Подпись Зубкова Виктора Васильевича уполномоченное*  
*Махимова А.А.*

В. В. Зубков  
21.10.2022

Начальник отдела кадрового учета  
Управления по работе с персоналом

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационного исследования Кузьмина Владислава Сергеевича  
на тему: «Повышение качества технического обслуживания  
локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

В работе Кузьмина Владислава Сергеевича подробно рассматриваются вопросы, посвященные повышению качества технического обслуживания основных устройств безопасности с целью снижения числа сбоев в их работе в условиях сложной электромагнитной обстановки. Следует отметить, что в диссертационном исследовании среди прочего подробно рассмотрен вопрос оценки помехоустойчивости работы основных устройств безопасности. Приводится алгоритм, в основе которого лежит использование модифицированных кодовых комбинаций числового кода.

Указанные результаты диссертационного исследования были использованы при разработке по предложению Московской дирекции по ремонту тягового подвижного состава - предприятия подчинения Дирекции по ремонту тягового подвижного состава - филиала ОАО «РЖД» (п. 22 приложения к письму № 216/МОСК ТР от 5 марта 2020 г.) Общих технических требований на Устройство проверки бортовой аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации УПР-АЛС 35040-000-00 ТТ, утвержденных Главным инженером Дирекции по ремонту тягового подвижного состава - филиала ОАО «РЖД» К. С. Новоземцевым 4 февраля 2021 г.

На основные результаты работы получен патент на изобретение № 2780100 (авторы: Кузьмин В.С., Меркулов П.М., Сапронова А.М.; — патентообладатель — Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»).

Руководитель  
научно-технического комплекса  
интеллектуальных систем  
контроля и управления  
АО «НИИАС»,  
к.т.н., доцент

*Подпись Зубков Валерия Валерьевича*  
Начальник отдела кадрового учета  
Управления по работе с персоналом



В. В. Зубков  
21.10.2022

*Валерия Валерьевича*  
Махараева В.В.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационного исследования Кузьмина Владислава Сергеевича  
на тему: «Повышение качества технического обслуживания  
локомотивных устройств обеспечения безопасности движения поездов»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

В работе Кузьмина Владислава Сергеевича описываются вопросы, связанные с эксплуатацией технических средств, направленных на оценку и измерение технико-эксплуатационных характеристик основных устройств безопасности на контрольных пунктах автоматической локомотивной сигнализации. Данная работа является актуальной, т.к. направлена на повышение качества технического обслуживания и ремонта основных устройств безопасности и снижения числа сбоев в их работе.

Представленные в диссертационном исследовании результаты были использованы в рамках исполнения АО «НИИАС» договора на выполнение работ по плану научно-технического развития ОАО «РЖД» (РТП) № 229-19-00014 от 29 декабря 2018 г. на тему «Разработка инструкции по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН» (шифр 5.393, категория РТП). Результатом выполнения договора стала Инструкция по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00 (актуальная редакция утверждена Распоряжением Заместителя генерального директора - главным инженером ОАО «РЖД» А.М. Храмцовым № 1891/р от 22 июля 2022 г.). Кроме того, результаты диссертационного исследования были учтены при корректировке раздела 4.4.5 Руководства по эксплуатации Комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ-У (Часть первая, 36991-00-00 РЭ, номер изменения 277) и раздела 4.4.5 Руководства по эксплуатации Безопасного локомотивного объединенного комплекса БЛОК (36905-000-00 РЭ).

Руководитель  
научно-технического комплекса  
интеллектуальных систем  
контроля и управления  
АО «НИИАС»,  
к.т.н., доцент

*Подпись Зубкова*  
*утверждено*



В. В. Зубков  
21.10.2022

Начальник отдела кадрового учета  
Управления по работе с персоналом

*М. И. Корнеева*